

UNIVERSIDAD DE GRANADA

Departamento de Psicología Experimental



Tesis doctoral

**APLICACIÓN DE LA TERMOGRAFÍA
A LA PSICOLOGÍA BÁSICA**

Doctoranda: Elvira Salazar López

Director: Prof. Dr. Emilio Gómez Milán

Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: Elvira Salazar López
D.L.: GR 758-2013
ISBN: 978-84-9028-435-3

UNIVERSIDAD DE GRANADA

Departamento de Psicología Experimental

El Prof. Dr. D. Emilio Gómez Milán autoriza la presentación de la
Tesis Doctoral titulada:

“Aplicación de la Termografía a la Psicología Básica”

Presentada por D^a Elvira Salazar López

Fdo. Dr. Emilio Gómez Milán

Fdo. Elvira Salazar López

Publicación de calidad presentada que incluye parte de los resultados de la tesis:

Parte de los resultados expuestos en esta tesis doctoral se han publicado en la revista *Consciousness and Cognition* (2012), que aplica un sistema de revisión por pares y con un Factor de Impacto de 2.308 según © Thomson Reuters.

Iborra, O., Salazar, E., Gonzalez-Hernández, A., Delgado Pastor, L., Rodriguez-Artacho, M. A., Hochel, M., et al. On the need to review carefully: Commentary on Cardeña and Marcusson-Clavertz: On the need to compare anomalous experience carefully. [doi: 10.1016/j.concog.2012.08.002]. *Consciousness and Cognition*(0).

Adicionalmente se encuentran enviados y en revisión:

Gómez- Milán, E., Salazar- López, E., Verdejo, J., Beltrán, D., González, A., Iborra, O. & Rodríguez-Artacho, M.A. (enviado). Autoconciencia y jolé!: Yo soy yo y mis acciones. *Science*.

Salazar- López, E., Gómez-Milán, E., & Verdejo, J. (enviado). La huella térmica del flamenco. *Nature*.

Agradecimientos

El primero de ellos a mi mentor, Emilio Gómez, del que he aprendido mucho en más de 10 años de amistad, y todo sobre la investigación en éstos 7 últimos meses tan intensos.

También a todas las personas que aparecen en esta tesis, en la forma que sea, y que han ayudado a que haya datos con los que trabajar: a Mar, que da tanto ejemplo de cómo estar en el mundo; a Alejandra, Lucila, Laura S., Lucía, Laura G., Sofía, Ana, Sara, Esperanza e Isabel y al Conservatorio Profesional de Danza de Granada, que han puesto su duende a nuestro servicio. A mis compañeros del grupo que siempre me ayudan y especialmente a Óscar que lo vive tanto como yo. A los alumnos de psicología que, en la esperanza de aprender un poquito, se han puesto delante de la cámara.

Agradezco especialmente la colaboración de mis bailarinas Feli, Noelia, Águeda y Manmen por brindarme su arte y su tiempo; a Amparo por su cariño y experiencia. A todos mis amigos /as que en algún momento me han animado a terminar este mosaico que empecé hace mucho.

MUCHAS GRACIAS A TODOS

Dedicatoria

A mi padre, Julio y a mi madre, Expiri que creen en mi incondicionalmente y de los que he aprendido a ser una persona.

A mi hermana Feli, mi espejo que me devuelve siempre una realidad mejorada.

A Mine, mi compañero de viaje y con quien termomiro todo

A Carmelo, a Isa y a Mari, siempre tan cerca; a Josu

A Angus, que conocí gracias a la psicología y a la que le habría gustado estar en este momento...

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN

Capítulo 1: ¿Qué es y para que sirve la termografía?	13
Capítulo 2: Termografía aplicada a la psicología	31

II. MEMORIA DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

TERMOGRAFÍA Y DESEO SEXUAL

Capítulo 3: The female orgasm	43
Capítulo 4: Pectoral temperature changes as marks of the sexual response: differences between men and women	49

TERMOGRAFÍA Y SINESTESIA

Capítulo 5: On the need to review carefully: Commentary on Cardeña and Marcusson-Clavertz: On the need to compare anomalous experience carefully	67
Capítulo 6: Tres casos de sinestesia a través de la termografía: la experiencia subjetiva del tacto a estudio	73

TERMOGRAFÍA Y CUALIA: EL DUENDE FLAMENCO

Capítulo 7: Imagen cerebral del baile Flamenco	95
Capítulo 8: Neuroestética del flamenco: Claves neurales a través de fMRI	113
Capítulo 9: The Thermal Imprint of Flamenco	129
Capítulo 10: Autoconciencia y jolé!: Yo soy yo y mis acciones	147

DISCUSIÓN GENERAL	177
-------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	183
--------------	-----

APÉNDICES	195
-----------	-----

Este trabajo aúna diferentes estudios relacionados con un tema común, la técnica de la termografía aplicada a la psicología básica, en concreto al estudio de los cualia. Corresponde a una tesis en formato clásico, aunque cada capítulo puede leerse aisladamente. El hilo conductor de esta tesis pretende guiar al experto por el conocimiento de la termografía y sus aplicaciones, del estudio de parte de la conducta sexual, de un tipo de sinestesia de baja frecuencia denominada tacto-espejo y sobretodo del papel de la acción en el reconocimiento de patrones motores a todos los niveles (experiencia subjetiva, cognición, fisiología y conducta). El último capítulo se destina a reflejar las principales conclusiones de éstas investigaciones y el punto de vista de la autora.

Las investigaciones que componen esta tesis han sido financiadas gracias a los proyectos concedidos al Prof. Dr. D. Emilio Gómez Milán por el Ministerio de Ciencia e Innovación con referencias SEJ 2006-09029 y PSI 2009-11789.

Capítulo 1: ¿Qué es y para que nos sirve la termografía?

La termografía es una técnica basada en la detección de la temperatura de los cuerpos que se aplica a multitud de áreas como la industria, la construcción o la medicina. La primera cámara empleada en el ámbito de la industria se utilizó para inspeccionar cables de alimentación de líneas de alta tensión en 1965 (FLIR Systems, 2011). En la actualidad y en el campo de la industria, las cámaras termográficas son el único elemento eficaz en la detección con exactitud de la pérdida de energía de los edificios, y por ello se ha convertido en una técnica indispensable. El rendimiento energético de los edificios es la aplicación más rentable de la termografía en la construcción, ya que ayuda a ajustar las normativas.

Pero no sólo es importante para la industria y la construcción, hay otros usos no vinculados a los humanos, que son los que estudiaremos en este trabajo, pero que igualmente posicionan a esta técnica como útil y en creciente auge. Por una parte, encontramos su aplicación a la veterinaria un área de conocimiento donde está teniendo bastante acogida. Existen varios tratados (Smith, 1964; Turner, 2001) y aplicaciones diferentes, como su uso como indicador de enfermedades respiratorias en bovinos o de la rabia en mapaches, pero buena parte de los estudios se centran en la detección temprana de enfermedades que afectan a los équidos como tendinitis o fracturas por estrés antes de que el caballo presente síntomas de cojera o de ciertas dermatitis que afectan a su pelaje (Eddy, Van Hoogmoed, & Snyder, 2001). Incluso está siendo empleada para conocer si se aplican procedimientos fuera de reglamento para perjudicar el rendimiento de los caballos en competición, por ejemplo cuando se usan sustancias irritantes que colocan en sus patas. En este campo se conocen las limitaciones de la técnica, pero también su valor para el diagnóstico si se complementa con otras como la radiología o los ultrasonidos.

Otra de las aplicaciones más actuales de la termografía es en el campo de la ciencia forense. Los medios de comunicación han facilitado información sobre la aplicación de la técnica termográfica al caso de los niños desaparecidos en Córdoba en octubre de 2011, donde un experto estudió imágenes termográficas de varios elementos de la finca donde se cree que pudieron desaparecer. Siguiendo pistas policiales sobre una hoguera encontrada, pudo determinar que la forma de ésta no era habitual, y que existía un calor residual que situaba la temperatura alcanzada por dicha hoguera en 800° C (Cabrera, 2012). Este dato está siendo de gran relevancia para esclarecer los acontecimientos que rodean a la desaparición de los niños. Dentro del ámbito

de la medicina forense, investigadores de la Universidad de Granada han desarrollado una técnica de data de muerte forense basada en la temperatura de los microorganismos que pueblan un cadáver denominada termo-microbiología (Fernández, Botella, & Bedmar, 2009). Esta técnica establece correspondencias entre los parámetros de crecimiento micro orgánico sobre restos cadavéricos y la data de muerte de éstos en relación con la temperatura de los mismos. Las diferentes etapas de descomposición de los cuerpos, relacionadas con el crecimiento y muerte de microorganismos también obedecen a parámetros de temperatura. Su estudio mediante la termografía permite establecer un indicador microbiológico que permitirá reducir el margen de error a la hora de estimar el momento en el que se produjo la muerte.

Pero más allá de constatar que esta técnica tiene una aplicación en otras disciplinas, nos interesa su aplicación en la relación entre la temperatura humana y la enfermedad, que se lleva investigando desde que se estudia la medicina, ya de la mano de Galileo (Ring, 2007). El primer método fue el de detección del calor por conducción, donde se medían los cambios de densidad de los líquidos y siguiéndole a lo largo de la historia el estudio por convección y por radiación. El siguiente paso documentado lo dieron investigadores como Huygens, Roemer y Fahrenheit y Celsius, que propusieron la existencia de una escala calibrada, mientras que Linneo en 1750 fue el que acabó dando forma a la escala centígrada que utilizamos en la actualidad. Pero fueron los Herschel, padre e hijo, a principios del siglo XIX, los que alumbraron el conocimiento hacia esta técnica, y muchos otros descubrimientos. El que más nos interesa demostraba la existencia de lo que llamaron “calor oscuro” o, lo que es lo mismo, calor que no podía verse pero que si tenía las mismas propiedades de reflexión y refracción que la luz. Usando la luz solar lograron generar una imagen visible, a la que llamaron termograma, y que actualmente definimos como la imagen infrarroja que genera la radiación de la temperatura. La medición de la fiebre, el desarrollo de escalas e instrumentos para determinar el calor, como los de Celsius o Fahrenheit y el termómetro, son avances de la medicina y la física que posibilitan los estudios actuales sobre el calor que desprendemos, su significado y las utilidades que pueden desarrollar su manipulación.

En el siglo XX la termografía experimentó su mayor desarrollo tras la segunda guerra mundial, con el impulso de las investigaciones militares para detectar al enemigo (visión nocturna) que llevaban a cabo en el ejército de EEUU en la segunda mitad del siglo XX (Ring & Ammer, 2012); se basaban en el uso de sensores electrónicos (Ring & Ammer, 2000). El primer termograma aplicado a la medicina fue publicado por Lawson (1956), en un estudio sobre detección de cáncer

de pecho, y en 1971 la Sociedad Europea de Termografía celebró su primer congreso, aunque veremos cómo ha evolucionado la técnica en esta disciplina.

La temperatura del cuerpo humano

El cuerpo humano realiza constantemente intercambios de temperatura con el entorno, en forma de energía, como parte de un proceso de autorregulación para mantener la homeostasis que necesita (Ring, 2007). Esta intensidad de energía intercambiada crece y decrece en proporción a la temperatura corporal, de forma que a mayor temperatura, mayor intensidad de energía infrarroja irradiada por el cuerpo. La regulación del flujo vascular cutáneo y de la radiación térmica se considera una función del Sistema Nervioso Autónomo (Leal Brioschi, 2006).

La mayoría de los seres vivos emiten calor a una temperatura superior a los 0° K (-273° C), que corresponde a una radiación electromagnética superior a la de la luz visible (calor oscuro). El ojo humano no es sensible a esa radiación, denominada infrarroja, pero las cámaras termográficas son capaces de medir la energía con sensores especializados para esa longitud de onda, que oscila de los 0.7 a los 300 μm (10^{-3} mm) y que gracias a los avances de la fotografía vemos hoy en color al emplear filtros que depuran los cambios en el brillo (ver figura 1). La aplicación de esta técnica se fundamenta en la fisiología térmica humana y en las bases fisiopatológicas de termorregulación cutánea, mostrando procesos tanto fisiológicos como metabólicos. El desarrollo del rayo focal plano, unido a la alta resolución en el uso de sistemas de video mejoran esta tecnología hasta hacerla práctica para multitud de aplicaciones en la actualidad. Los trabajos de mejora en la técnica en se centran en el calibrado y en el registro de termogramas normales que proporcionen una línea base de referencia para la medición.

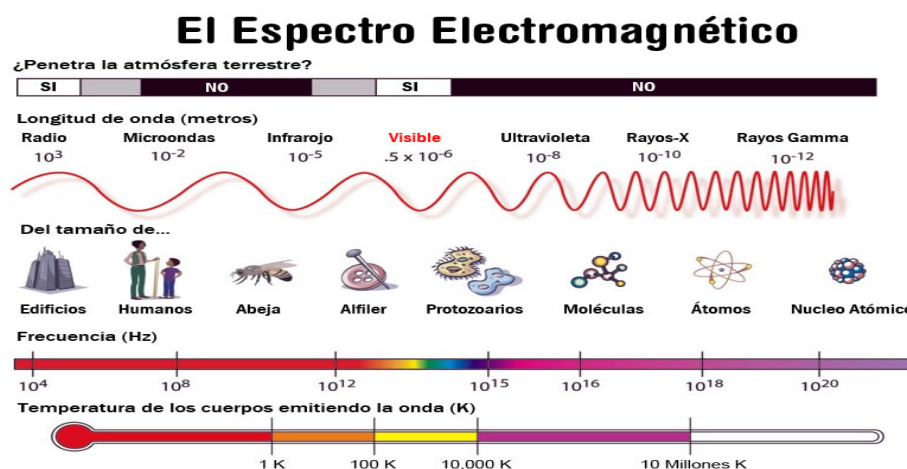


Figura 1: Ilustración del espectro electromagnético. Fuente: www.yalosabes.com

Nuestra piel está compuesta por capas de tejido de diferentes grosores, funciones y tipos de células. La epidermis es una capa de células epiteliales, de entre 1 y 2 mm de grosor que se desarrolla desde lo más profundo de la piel hacia la superficie, y que se encuentra sobre la dermis, que es una capa de denso tejido conectivo (Jones, 1998): cuando las células nuevas empujan a las viejas hacia la superficie, el citoplasma de estas últimas se transforma en queratina, y al acercarse a la superficie mueren para transformarse en la capa protectora más superficial. Aunque éste proceso es continuo, se distinguen diferentes estratos en la epidermis. Para esta investigación el más importante es el estrato córneo: es el más cercano a la dermis y en él se encuentra la melanina, pigmento responsable de que veamos la piel con diferentes tonalidades debido a su capacidad de aislar los componentes de la luz visible y reflejarlos a una longitud de onda que capta el ojo humano. Cuando estas células alcanzan la capa más externa, el índice de reflexión de esa capa de la epidermis es de 1.55 μm en la parte visible del espectro. El estrato córneo se encarga también de prevenir la entrada de bacterias u hongos en el organismo y de reducir la pérdida de fluidos a través de la piel. La pérdida de fluido se controla a través de conductos conectados a las glándulas sebáceas. Debido a que la longitud de onda de la radiación emitida (energía calorífica convertida por radiación) no supera los 9 μm , y esto sólo puede penetrar un grosor de 1mm de tejido, el calor corporal que irradiamos se refiere siempre a tejidos poco profundos, no siendo detectables cambios de calor en órganos internos por este mecanismo (Leal Brioschi, 2006). La emisividad de la piel humana es muy alta, y más o menos constante, 0.98 entre longitudes de onda de 2 a 14 μm , y se comporta como un cuerpo negro en esta región del espectro de la luz visible (Jones, 1998). La radiación de la longitud de onda emitida por la piel humana resulta muy baja, por lo que para detectarla se necesitan los sistemas bolométricos y detectores que hay en las cámaras termográficas actualmente, muy sensibles la amplia longitud de onda y la baja emisividad. También influyen la curvatura de la superficie y el índice de refracción, como muestran los trabajos de Jones (1998); en sus propias palabras *la temperatura de la superficie del cuerpo la determina el ritmo del intercambio de calor entre el cuerpo y su entorno, que es más o menos constante, actuando como reserva térmica*. El gradiente oscila entre los 0,2 y 0,5 $^{\circ}\text{C}/\text{mm}$ y se eleva cuando hay alteraciones en el organismo como inflamaciones o tumores. La termografía infrarroja es una grabación de la distribución de la temperatura de la capa más superficial de la piel.

Para mantener una temperatura constante, el cuerpo balancea la generación de calor con su pérdida, entre la hipertermia y la hipotermia. Las principales fuentes de generación de el cuerpo humano son la tasa metabólica basal, la actividad orgánica específica y la actividad muscular (Leal Brioschi, 2006). La tasa metabólica basal está controlada por el sistema nervioso

(SN en adelante) central y por las hormonas producidas en el hipotálamo y la glándula tiroidea. La temperatura basal permanece constante dentro de unos márgenes bastante amplios de la temperatura ambiente debido a los reflejos fisiológicos y los mecanismos de distribución del calor corporales. Puesto que la función de este mecanismo es la conservación constante de temperatura a nivel de órganos internos, no tiene gran repercusión en las alteraciones estudiadas hasta ahora mediante la termografía y por tanto tiene poco valor diagnóstico (Van, 1986). La actividad orgánica específica sí que puede afectar a todo el organismo de una forma significativa, como prueban dos de los cambios con reflejo conductual estudiados: el proceso de la digestión y la flexión muscular. Todo el calor que genera el cuerpo se transmite desde el centro a las extremidades gracias a los vasos sanguíneos. La actividad metabólica de la digestión, sus procesos patológicos y bacterianos, la absorción de nutrientes, su reparto a través del sistema circulatorio... todo desemboca, térmicamente hablando, en el intercambio para disipar calor con el entorno que se produce a través de la piel. Incluso en zonas de la piel encontramos reflejo de dolencias internas (Hobbins, 1982). Respecto a la variación de temperatura debida a la actividad muscular, el ejercicio puede aumentar diez veces el consumo de oxígeno, lo que necesariamente incrementa el calor corporal. De hecho, la hipertermia cutánea está producida por la restricción del flujo sanguíneo por el músculo en espasmo, de manera que la temperatura de la sangre que circula por ese tejido se reparte a lo largo del vaso sanguíneo colateral (Leal Brioschi, 2006).

Todos estos procesos no persiguen sino un estado de equilibrio corporal, y la clave para mantener el cuerpo a una temperatura constante reside en un circuito negativo de retroalimentación en el hipotálamo, importante en el sistema nervioso autónomo. Aquí neuronas especializadas llamadas termorreceptores monitorizan la temperatura de la sangre constantemente, comparando la que registran con un valor de referencia, que se sitúa entre los 35 y los 37°C, dependiendo de la persona. Un incremento o descenso de la temperatura envía una señal desde el hipotálamo (anterior o posterior, respectivamente) al resto de células corporales que inician una vasodilatación o vasoconstricción y que ralentizan o aceleran el metabolismo (Jones, 1998). Una lesión en cualquier nervio periférico produce tanto alteración vasomotora simpática como dolor, principalmente de dos formas: a través de la interrupción del tono simpático de la musculatura lisa vascular de esa zona, causando que la zona de inervación se torne hipertérmica; o con una actividad miogénica espontánea que aumenta la sensibilidad (a través del exceso del neurotransmisor norepinefrina) causando la vasoconstricción de la región enervada, que se torna hipotérmica (Leal Brioschi, 2006). Parece lógico entonces poder estudiar ambos elementos de manera conjunta con una técnica como la termografía y algunos autores han

estudiado la compleja relación entre las fibras nerviosas y la transmisión sináptica del dolor a través de la piel: por un lado Wall & Devor (1983) sugirieron que la actividad espontánea de las células ganglionares (raíz dorsal) puede tener una función fisiológica, causando la liberación periférica de neurotransmisores, que se relaciona con lo que describen como actividad vasodilatadora eferente en la estimulación nerviosa sensitiva, y que cuando se sensibilizan estas fibras da como resultado un aumento de la vasodilatación periférica y por tanto hipertermia. Por el contrario, si la irritación sucede directamente en el nervio dorsal, esto puede desembocar en degeneración celular de las neuronas nociceptivas, generando una vasoconstricción crónica por la pérdida de la función vasodilatadora y por tanto una hipotermia (Leal Brioschi, 2006).

Estandarización de la técnica

El termograma, es la imagen que refleja los valores de la temperatura corporal, e ilustra un dibujo de la temperatura de las áreas de estudio que puede ser analizado cualitativa y cuantitativamente reflejando la actividad metabólica (Seeley, Abramson, Perry, Rothblatt, & Seeley, 1980). Esta imagen (ver figura 2) difiere bastante de las que emiten por ejemplo los Rayos X o la Resonancia Magnética debido a una diferencia fundamental: la termografía no es capaz de atravesar los tejidos, sea cual sea, por lo que el termograma muestra una imagen exacta de lo que capta la cámara termográfica, justo lo contrario a las otras técnicas citadas, que captan específicamente cierto tipo de densidades de los cuerpos.



Figura 2: Muestra de un termograma del cuerpo humano, paleta escogida “iron”.

Para una aplicación al cuerpo humano se necesitan protocolos que estandaricen los procesos y permitan la comparación de áreas. A finales de la década de 1970 y principios de los 80s la Asociación Europea de Termografía elaboró los protocolos “Estandarización de la termografía en enfermedades locomotoras” y “Medida de la Temperatura de la piel en ensayos con fármacos” donde se explicaban respectivamente recomendaciones para la aplicación de la termografía de forma estandarizada (Ring & Ammer, 2000). Posteriormente son la Academia americana de termografía, la Sociedad Japonesa de termología biomédica y Asociación Europea de Termología las que suscriben recomendaciones sobre las implicaciones prácticas del uso de esta técnica en la actualidad.

La Organización Internacional de Standards (IEC) ha publicado recientemente dos documentos definiendo el uso de cámaras termográficas para la medición de la fiebre (Ring & Ammer, 2012). Este protocolo tiene en cuenta, por ejemplo, que las diferencias de temperatura en la cara pueden situarse en alrededor de 1 grado centígrado, y recomiendan cómo debe aplicarse la técnica, testarse el sistema o entrenar a los investigadores. En este sentido, los protocolos también hablan de cómo debe prepararse al sujeto, las posiciones del cuerpo que deben colocarse para facilitar la grabación o cómo evaluar las imágenes (Ring & Ammer, 2012). También ayuda a minimizar errores en el uso de test que aseguran la calidad, como por ejemplo el uso de fuentes externas de referencia de temperatura que ayudan al calibrado. Para describir las pautas fundamentales para hacer un buen uso de la Termografía en la clínica o el laboratorio, Ring (2000) subrayó una serie de aspectos importantes a tener en cuenta:

1. Laboratorio o sala de investigación: es importante que tenga cierta amplitud, respetando una distancia mínima de al menos 2 metros entre la cámara y el sujeto, aunque siempre teniendo en cuenta la parte del cuerpo a medir y el tamaño de ésta. Parece lógico que la sala tenga al menos unas dimensiones de 2 x 3 metros, si bien son recomendables al menos 3 x 4 metros. Es deseable que exista una zona especializada donde se sitúe al sujeto cómodamente para la medición, donde haya asientos preparados para la medición y el menor número de accesorios posible que no alteren la temperatura ambiente. La cámara termográfica así como el resto del equipo debe situarse en otra estancia o con la distancia suficiente para no incomodar al sujeto y para que el calor de los elementos no afecte a la medición.

2. Temperatura ambiente: es uno de los factores más importantes; lo ideal es una temperatura entre 18° y 25° C que no varíe más de 1° C durante la realización de la prueba. A temperaturas inferiores el sujeto puede tiritar y a superiores se dan procesos de sudoración. Debe tenerse en cuenta el tiempo de exposición a la temperatura para evitar que el sujeto esté incómodo. Lo ideal es contar con algún aparato de refrigeración que mantenga la temperatura de la sala pero nunca que incida directamente al sujeto, ya que puede generar vasoconstricción que se reflejaría en la imagen. No obstante hay especificaciones dependiendo de la parte del cuerpo que se mida, por ejemplo que el ambiente no esté a más de 20° C si estamos evaluando zonas inflamadas, o una temperatura de entre 22 y 24 ° C si evaluamos extremidades. Se recomienda medir la temperatura de la sala con un termómetro diferente al que provee la cámara para que sirva de referencia, tanto de sala como de la prueba de medición. También es recomendable que exista una sala donde el sujeto se desvista y pueda aclimatarse a la temperatura necesaria manteniendo la intimidad, así como mantener la humedad controlada, preferiblemente en valores que rondan el 50%.

3. Captación de las imágenes: es deseable que el laboratorio disponga de elementos que logren una imagen lo más estática posible, con trípodes especializados e incluso soportes sobre ruedas para la cámara, que facilitan el movimiento de la misma para adaptarse a las diferentes distancias o ángulos de medición. La medición más correcta es la que se realiza con el sujeto en ángulo recto respecto a la cámara, por lo que dependiendo de la zona a medir y del tamaño hay que ajustar la distancia, el enfoque y la altura a la que colocar la cámara del suelo. Actualmente el tiempo de preparación de la cámara se ha reducido a unos minutos y respecto al tratamiento de las imágenes existe un software específico para cada cámara que provee el fabricante. Existe incluso software especializado para el ámbito médico, como el que elaboraron Plassmann y Ring en 1997.

4. Preparación del sujeto/paciente: Hay algunos elementos que influyen directamente en la temperatura corporal y deben controlarse: la presencia de cosméticos en la piel, la ingesta de alcohol, el ser fumador, el llevar previamente ropa muy ajustada o que se haya realizado actividad física en los momentos previos, el haberse sometido a fisioterapia, el estar en tratamiento farmacológico... éstas características deben registrarse y al menos indicarse al hacer las mediciones, pues aunque no se tienen datos definitivos sí que pueden afectar al participante. Otro elemento importante es el acondicionamiento del sujeto a la temperatura de la sala, que debe durar unos 15 minutos. Debe evitarse que la persona toque con otras partes de su cuerpo la zona a medir para evitar interferencias de temperatura en la piel, así como evitar que cruce brazos o piernas ya que pueden alterar el flujo circulatorio.

5. Análisis de imágenes y escalas: cada imagen debe analizarse teniendo en cuenta el rango de temperaturas de la misma, ajustando la escala no sólo durante la medición sino también en el análisis. También es importante que el sujeto se mantenga lo más quieto posible para obtener áreas comparables en diferentes condiciones clínicas o experimentales, y a la hora de analizar los datos no debe compararse zonas grabadas en una posición, por ejemplo de pie, con zonas registradas en otra, por ejemplo, sentado. Los termogramas actuales y el uso de software especializado facilitan que puedan emplearse paletas de colores diferentes que ayuden a distinguir a simple vista los cambios de temperatura. Así en ingeniería se suele emplear la paleta denominada "Iron", donde lo más caliente se muestra en la gama de los amarillos hacia el blanco (el más caliente). En medicina, donde la variación de temperatura no suele superar los 10 grados, las más utilizadas son la "Rainbow" donde el rojo es la máxima temperatura y el azul la más fría o "Spectral order of colors" (ver figura 3). Estos termogramas cuentan con la ventaja de poder ajustar su escala una vez realizada la medición, con lo que se gana en información sobre los cambios de temperatura producidos. Para mostrar las imágenes con los resultados se puede recurrir a matrices de 4 x 4, donde además se puedan comparar los valores obtenidos con datos normalizados.¹El desarrollo de la clínica y la investigación basados en esta técnica facilita que existan valores de referencia sobre el termograma humano, de forma que puedan construirse atlas sobre la temperatura del cuerpo en sujetos sanos, como el "Atlas de referencia para termografía clínica" que ya se está trabajando en la universidad de Glamorgan desde 2001 (Ring & Ammer, 2012).

¹ Estas cinco referencias sobre la estandarización de los datos se extraen del artículo de Ring y Ammer (2000) y he querido resumirlas aquí de acuerdo a la importancia que considero que tienen para esta investigación.

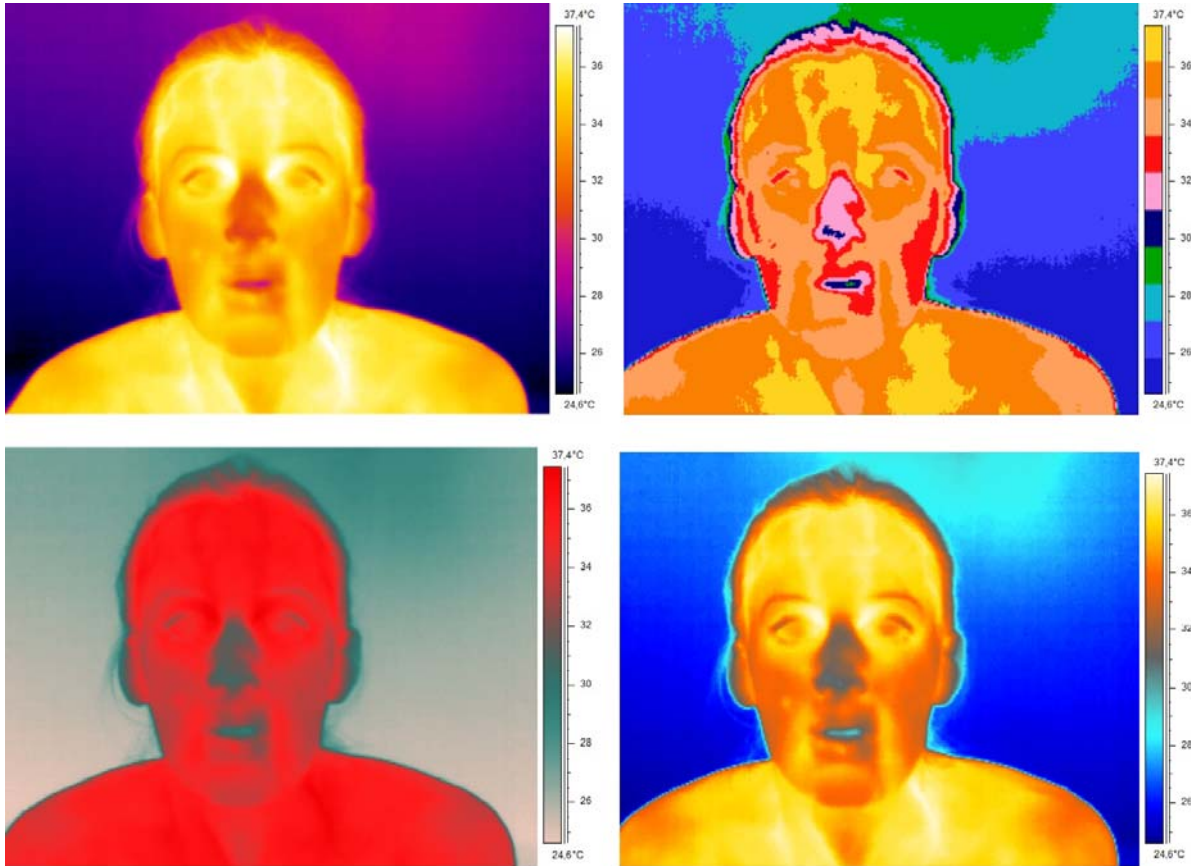


Figura 3: Imagen termográfica con diferentes paletas de color, en el sentido de las agujas del reloj “iron”, “medical”, “greyred” y “midgrey”.

Termografía aplicada a la medicina

Carl Wunderlich (1871) fue el primer médico que dedicó su investigación a los cambios de la temperatura humanos, midiendo las diferencias entre sanos y enfermos durante años con un termómetro donde apreciaba las variaciones en torno a los 37° C que experimenta el cuerpo (Ring, 2007). Los estudios de los 1960s con el Pyroscan basado en los cambios del nitrógeno líquido fueron los primeros en medir mecánicamente la diferencia entre dos temperaturas, por medio de un termograma que mostraba diferencias en una escala del blanco al negro. Los estudios más concluyentes que consideraban la termografía como una técnica útil para el diagnóstico medían las asimetrías entre los lados del cuerpo y la presencia de puntos calientes en el tronco, concretamente en el pecho (Ring, 2007).

Posteriormente desde la instalación de una cámara en algunos centros como el de Bath (Plassmann & Ring, 1997) se comenzó a medir sistemáticamente la inflamación en patologías como la artritis reumatoide y los cambios de temperatura que ocasionaba el tratamiento farmacológico. El fundamento del uso de la técnica reside en que bajo los cambios de temperatura existen condiciones médicas particulares, vinculadas a la existencia de patología. Estas condiciones están relacionadas con la inflamación que produce la patología en cuestión, y por tanto en cambios en la emisión de calor que son detectables (Arumalla, 2009). Las diferentes actividades de los tejidos y órganos del cuerpo afectan la temperatura corporal y determinadas enfermedades pueden mostrar patrones térmicos característicos. Uno de los rasgos que podemos medir más fácilmente y que apoyan estos supuestos es la existencia de diferencias asimétricas: en condiciones normales, nuestro cuerpo presenta un termograma simétrico, basado en la inervación de los diferentes miembros (Leal Brioschi, 2006) por los que emitimos el mismo calor con lugares simétricos de nuestro cuerpo.

Estudios como el de Uematsu (1986) que calculó todas las asimetrías posibles para todas las superficies del cuerpo, mostraron que la diferencia de temperatura entre los dos lados del cuerpo en sujetos normales era sólo de $0,2^{\circ}\text{C}$ y que la parte de mayor temperatura es la frente y la de menor los pies. Cuando se altera esa simetría térmica, algo está pasando en los órganos equivalentes a nivel clínico, asociado a cambios en volumen de sangre en esas zonas. En solo unos minutos la termografía es capaz de captar estas diferencias entre zonas alteradas y zonas normales de la piel y extraer diferencias que ayuden al screening inicial en la detección de patologías. El primer protocolo, también de Uematsu (1986) determinaba que existe una anomalía térmica cuando hay una diferencia de 1°C de asimetría en el 25% del área registrada. Aunque actualmente se conoce que esta regla no es aplicable a todas las partes del cuerpo, pues puede producir falsos positivos y negativos en la ayuda al diagnóstico patológico, si que fue un primer acercamiento a la termografía como herramienta de diagnóstico.

En la actualidad, y en el campo de las ciencias de la salud, hay una serie de patologías que se han estudiado gracias a la termografía y para las que esta técnica aporta datos de diagnóstico relevantes. Las más útiles para la investigación son las relacionadas con alteraciones en los sistemas corporales encargados de mantener la homeostasis, y que se refieren a que variaciones de unos pocos grados que indican una disfunción en el cuerpo donde los procesos químicos del mismo están sufriendo alteraciones (Jones, 1998). Las alteraciones metabólicas que detecta la termografía son las vasculopatías, las dolencias inflamatorias, las traumáticas, las reumáticas y las infecciosas. Las aplicaciones más directas de la termografía a la medicina en la actualidad se

dirigen hacia la evaluación del riesgo, a añadir información diagnóstica, a la monitorización de tratamientos y a los indicadores de pronóstico.

Como técnica de contraste, la termografía complementa a otras técnicas radiológicas, como muestra el estudio de Thomas (1990) en pacientes con dolor lumbar crónico: donde el termograma fue anormal para el 92% de los pacientes, la imagen por resonancia magnética lo fue para 89%, la tomografía para el 87% y la mielografía para el 80%. La imagen termográfica correlacionaba con la de resonancia en un 94% y con la tomografía en el 87%. En estudios anteriores (Meeker & Gahlinger, 1986) la termografía ya correlacionaba con una exactitud del 87% con la mielografía, 74% con electromiografía y 83% con la tomografía computerizada. Ver figura 4.

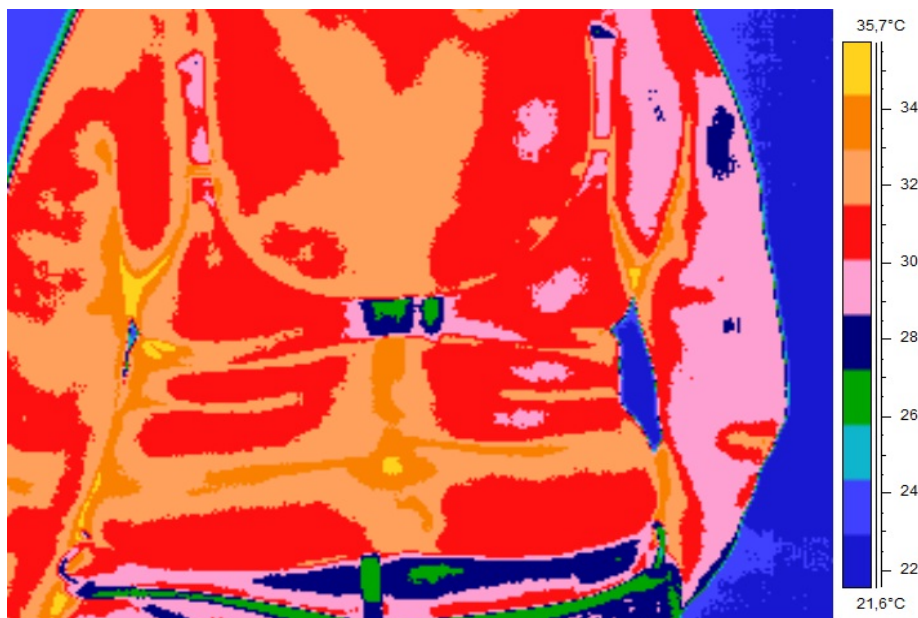


Figura 4: Termograma de una persona con lumbalgia, localizado en el punto de mayor temperatura (amarillo), con más de 1 °C de diferencia con el resto de la espalda.

Los cuadros de dolor lumbar crónico también pueden beneficiarse de la termografía, a través del estudio de los denominados puntos “Trigger” (TRP), un área de hiperirritabilidad que al ser presionada es capaz de producir dolor, distorsiones de la propiocepción o fenómenos autonómicos (Pichot, 2001). El papel de los TRP en el dolor crónico está asumido entre los expertos, que han observado además la presencia de puntos hipertérmicos coincidentes con TRP en un 61% de los casos, y que con esta técnica se detectan repetidamente en una serie de termogramas obtenidos repetidamente a intervalos de 15 minutos o cuando se rocía la zona con una solución alcohólica.

Uno de los síndromes más característicos que se han estudiado con nuestra técnica es el síndrome de Raynaud : disminución de la circulación sanguínea, fundamentalmente en los dedos de las manos y de los pies, con dolor y cambios de coloración en la piel de una forma secuencial: blanco, azul y rojo (Franquelo Morales, Panadero Sánchez, González Martínez, & Losada Ruiz, 2009). Conocemos por los estudios de Ammer (2009) que para un uso correcto de la técnica es importante definir bien las áreas de interés donde se hará la medición. De hecho se conocen más de 20 métodos diferentes de evaluación de la manos con la termografía, aunque las pruebas estrella consisten en someter las manos a estimulación motora o a bajas temperaturas y medir la recuperación de las mismas al estado normal. Cuando se sumergen las manos de sujetos sin el síndrome en agua fría éstos desarrollan una hipertermia reactiva en los dedos que les devuelve la temperatura de línea base, mientras que en los afectados por Raynaud tardan aproximadamente 15 minutos en recuperarla. Ver figura 5.

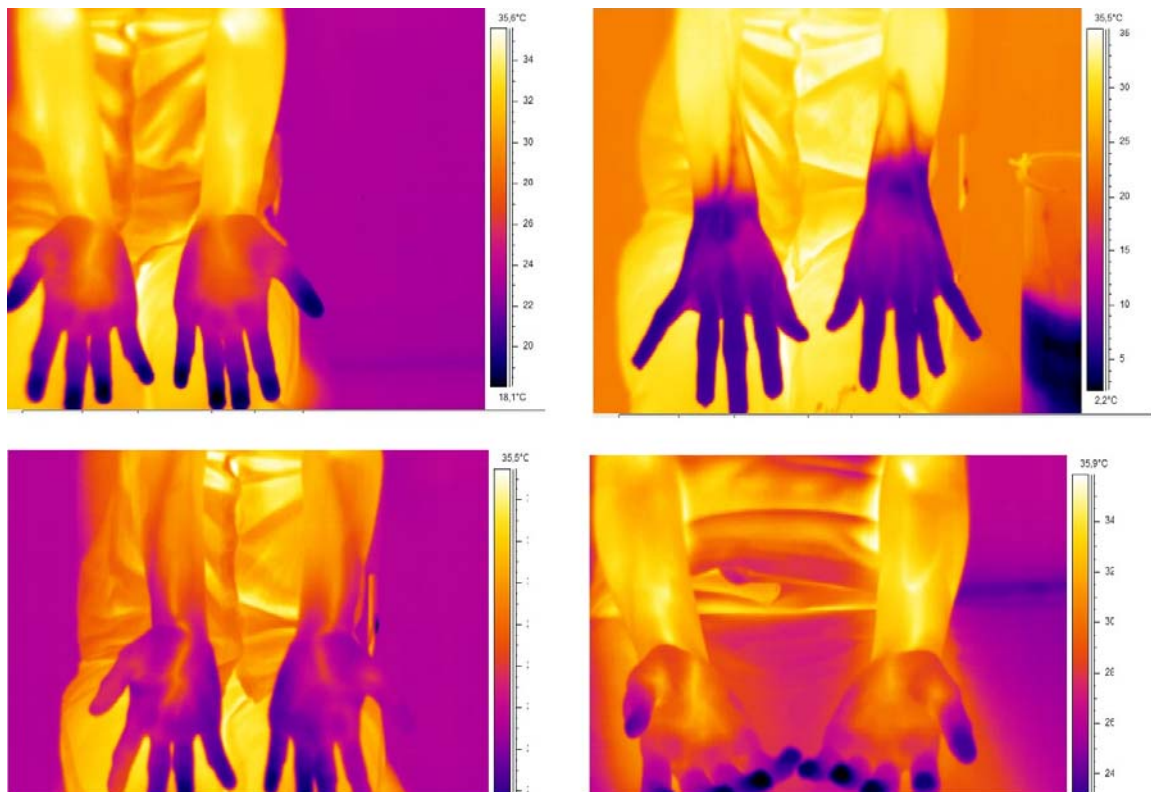


Figura 5: Demostración de una de las pruebas termográficas que se practican a personas con S. Raynaud. En el sentido de las agujas del reloj, manos en estado neutro, tras sumergirse durante 5 minutos en agua por debajo de 0°C, tras 15 minutos de recuperación y tras una sesión de recuerdo en imaginación.

La Artritis inflamatoria es otra patología donde la termografía puede ser útil: la inflamación se detecta por un cambio de temperatura en la zona afectada, sensible al tacto. Los estudios para desarrollar tratamientos de mejora para esta enfermedad se centran en el uso de

antiinflamatorios no esteroideos que reducen la inflamación de la articulación artrítica. La termografía ayuda a medir la eficacia de las dosis, aportando información sobre los cambios de temperatura en la zona afectada. Aunque no se ha incluido como parte del protocolo diagnóstico, los últimos estudios apuntan a el uso de un índice de calor a partir de la medición de temperatura de tres imágenes dimensionales con una sensibilidad del 67% y una especificidad del 100% para la hinchazón de la artritis (Ring & Ammer, 2012). En la Osteoartritis la termografía está ayudando en la detección cuando se encuentran diferencias de más de 0.5 ° C en la temperatura de las rodillas (Hildebrandt & Raschner, 2009), variación que además se ha establecido como significativa termográficamente para indicar la existencia de patología (Leal Brioschi & Abramavicus, 2005). La cirugía articular también deja un impacto medible por la termografía: rodillas operadas o incluso con implantes ortopédicos dejan una huella medible termográficamente, en las primeras durante los 6 meses posteriores a la recuperación y en las segundas incluso años después (Romano, Romano, DellOro, Loguluso, & Drago, 2011). La termografía se aplica para valorar el proceso de mejora de las lesiones en otras patologías relacionadas con el aparato locomotor, como las derivadas de espasmos musculares o el estiramiento o rotura parcial de los ligamentos donde. El codo de tenista o la fibromialgia también pueden beneficiarse de la termografía para su detección o diagnóstico (Ring & Ammer, 2012). Otras aplicaciones de la termografía en la medicina siguen la misma línea del estudio de las causas del dolor. En el síndrome de dolor regional complejo ya se usa la diferencia de 1° C de temperatura entre el miembro afectado y el sano como criterio diagnóstico y para comprobar la evolución tras la intervención (Ring & Ammer, 2012).

Para patologías febriles, especialmente las que se derivan de enfermedades que puedan provocar situaciones de brote o epidemia localizada, la termografía representa un instrumento más que útil, ya que ayuda a detectar en grupos de varias personas modificaciones de la temperatura anormales que pueden ser indicativos de la existencia de estas enfermedades. Durante el brote de SARS (Síndrome Respiratorio Agudo Severo) que se detectó en China en 2002 y que después se expandió a todo el mundo, la termografía significó una técnica eficaz para la detección masiva de posibles personas infectadas, a modo de herramienta de "screening" (Chiu, et al., 2005). Algunos estudios de Ring (2012) con niños hospitalizados correlacionan la temperatura de éstos en la órbita ocular mediante la termografía con otras mediciones clásicas de la temperatura, lo que corrobora la aplicación de la técnica en entornos donde haya multitudes.

La aplicación con mayor investigación, y quizás la más importante es la que se está desarrollando en la detección precoz de tumores. En el cáncer de mama hay estudios que miden el

contagio por calor de las zonas anexas al tumor en la mama dañada; aunque las líneas de investigación actuales apuntan al uso de la técnica para medir la génesis del tumor, la detección temprana de su desarrollo y la evolución de los tratamientos, como se está viendo en los estudios sobre el melanoma (Ring & Ammer, 2012).

La mayoría de las aplicaciones de la termografía en la actualidad se dan en los campos de la neurología, cardiología, reumatología, dermatología, oncología, neonatos, oftalmología y cirugía (Jones, 1998). De hecho en el campo de la cardiología no debemos olvidar el uso que se está dando a esta técnica mediante lo que denominan como termo coronarioangiografía (TCA): permite documentar los cambios de temperatura en el tejido afectado pre y pos injerto, valorando la cantidad de oxígeno, y por tanto de calor, que va permitiendo la zona intervenida. Además de los usos que se han descrito aquí, se utiliza la termografía y se investiga con ella en: evaluación de test de alergia, carcinomas, extensión de melanomas, trombosis venosas, gravedad de quemaduras, pie diabético, cambios en la glándula tiroidea, desarrollo de la neumonía... También se está empleando para medir la evolución de algunos tratamientos, como las terapias de masaje que sustituyen tratamientos farmacológicos, el impacto del ejercicio físico o tratamientos con crioterapia (Ring & Ammer, 2012).

Ventajas e inconvenientes de la técnica

El uso de la termografía es útil en las primeras fases de diagnóstico de diferentes patologías, no siendo un elemento definitivo en la decisión terapéutica pero si información que integrada con otros datos clínicos muestra de forma indirecta las condiciones patofisiológicas asociadas a los síndromes dolorosos. Se trata de una modalidad de imagen que ilustra perfectamente los cambios fisiológicos de los tejidos y está directamente correlacionada con el dolor (Leal Brioschi, 2006). Aunque esta relación está más ampliamente estudiada en animales que en humanos, hay autores como Wexler (1983) que desde los 80 estudian la relación entre la inervación de la columna vertebral y los patrones térmicos. En cualquier caso los estudios de los últimos 15 años referidos al uso de la técnica en diferentes patologías contribuyen a su conocimiento, aunque dentro de la medicina se estudie más específicamente los correlatos anatómicos y fisiológicos que explican los cambios térmicos.

Como herramienta diagnóstica la termografía es útil cuando los resultados de los exámenes anatómicos no son claros; también puede detectar alteraciones nerviosas sensitivas y

autonómicas. Uno de los valores más útiles actualmente es la capacidad de distinguir entre diferentes tipos de patologías basándose en el patrón de distribución del calor que emite esa parte de la piel. Los estudios de Arumalla (2009) son bastante clarificadores acerca de la distinción entre abscesos o celitis, por ejemplo, basándose en patrones modelo basados en imágenes. Además, esto posibilita que el paciente pueda ser su propio control, comparando con partes simétricas a la dolencia donde no existe patología o con periodos de mejoría donde se refleje.

Pero si algo ha hecho “famosa” a la termografía frente a otras técnicas es su cualidad No Invasiva, de No contacto: el contacto con instrumentos para medir aspectos fisiológicos puede producir ruido en los datos obtenidos así como afectar al objeto de la medición. El ruido ambiental se reduce al usar termografía, ya que se acorta la distancia entre el instrumento y el objeto de medida y se puede aislar el dato de la zona, obviando por ejemplo la temperatura de zonas adyacentes.

Las cámaras son fácilmente transportables, económicas y sencillas de usar, máxime en los últimos años. Las últimas generaciones de cámaras tienen una resolución espacial y de temperatura muy alta, son compactas y pueden emplearse desde cualquier ángulo. De hecho las basadas en rayos de plano focal mantienen una resolución espacial de menos de 2mm en una gran magnitud de distancias al objeto.

Sin embargo, existen diferentes inconvenientes en esta técnica que sometemos a estudio mediante este trabajo. Como ya apuntaron Kukkonen, Binik, Amsel, & Carrier (2007) la termografía tiene un coste elevado, y aunque con el paso de los años se ha ido abaratando, aún no está disponible en la mayoría de los centros de investigación especializados. El precio aproximado de una cámara con una buena resolución es de 12.000 € aproximadamente. En España la distribuye de forma exclusiva solamente una empresa, y tiene una tasa de ventas de entre 8 y 10 al año para aplicaciones médicas o relacionadas con la salud. Nuestro grupo de investigación es el único de España que posee una cámara termográfica en el ámbito de la psicología.

Aunque una de las mejoras que aporta esta tecnología tiene que ver con su baja invasividad y con que no requiere contacto físico con la persona estudiada, el efecto de tener una cámara “observando” aunque lo que registre no sean imágenes claras sobre el sujeto, puede afectar a la exposición de los participantes al experimento, afectando a sus respuestas. No obstante, entendemos que la medición de la respuesta de la piel, por depender del sistema simpático y afectar principalmente a los sistemas vascular, muscular, nervioso y óseo sigue siendo

menos invasiva que la medición de otras respuestas, como la genital mediante el fotopleletismógrafo, por lo que la investigación en esta línea puede ayudar a mejorar los procedimientos de investigación.

En conclusión, la termografía es una técnica proveniente de la física que la medicina ha aprovechado para conocer mejor los cambios fisiológicos del cuerpo humano. La epidermis utiliza el intercambio de calor con el exterior de la misma para mantener la homeóstasis de los órganos internos, de tal forma que muchos de los cambios en estos órganos pueden modificar ese intercambio. La termografía se emplea para la detección de diversas patologías, como los tumores, el dolor lumbar o el síndrome de Raynaud, y en los próximos capítulos veremos cómo puede aplicarse a la psicología en general y a la psicología experimental.

Capítulo 2: Termografía aplicada a la psicología

En los últimos 20 años la aplicación de la termografía a la medicina ha hecho posible que otras disciplinas, como la psicología conozcan el potencial del cambio de temperatura corporal como posible correlato fisiológico de procesos psicológicos básicos. En esta parte del trabajo describiremos numerosas aplicaciones de la termografía al estudio de procesos fisiológicos, emocionales o cognitivos del campo de la psicología.

Estudio de la carga mental

Puesto que la termografía es una técnica cada vez más empleada en la psicología para el estudio de procesos psicológicos, en este apartado se pretende aportar más luz a las investigaciones de autores anteriores que han centrado su investigación en el estudio de la carga mental. La mayoría de autores que investigan la carga mental están de acuerdo en que la termografía representa una ventaja a la hora de reducir el ruido en la recogida de las medidas fisiológicas: mediante su uso es sencillo discriminar la parte a medir fisiológicamente del resto de elementos del cuerpo del sujeto y posee una capacidad de contaminación del dato obtenido razonablemente baja (Agnew & Wise, 2008; Or & Duffy, 2007). La carga mental es un constructo que representa el coste que tiene lograr un nivel determinado de habilidad en una tarea, en definitiva, la cantidad de recursos atencionales que una persona necesita para realizar una tarea (Hart & Staveland, 1988). El estudio de este proceso surgió cuando en las primeras investigaciones de ergonomía se intentaba conocer las demandas cognitivas de los trabajadores en la industria debidas a su interacción con las máquinas, en aras de una mejoría en la seguridad del operador (como fuente importante de riesgos laborales) y en los errores del proceso (Hancock & Meshkati, 1988). Para estos primeros investigadores era crucial profundizar en la existencia de procesos subjetivos que antecedian al control de una tarea afectando a su ejecución, por lo que buscaban parámetros fisiológicos medibles que estuviesen relacionados con esas medidas.

Los estudios de Khaneman (1973) indican que la carga mental está relacionada con la atención, que es el proceso que asigna y atribuye nuestros recursos cognitivos. Esta inversión de recursos, que es en cualquier caso obligatoria, puede tener efectos positivos como los ligados al

éxito en la ejecución, o negativos como el impacto en un desempeño pobre o conducir a errores en la realización de tareas, como por ejemplo en la conducción de vehículos, que puede desembocar en accidentes de tráfico (Or & Duffy, 2007) Una carga mental alta puede reducir la alerta, desviar la atención y necesitar un exceso de tiempo de procesamiento. Para evaluar la carga mental, se han empleado diversos métodos. Para una evaluación subjetiva se emplea la escala modificada Cooper Harper (MCH), pero este instrumento conlleva una pérdida de información y una posible contaminación de los datos. También se emplean los registros neuromusculares, la variabilidad del ritmo cardíaco, la variación del tamaño de la pupila o los cambios en la presión sanguínea, que aun siendo métodos invasivos sirvieran para poder inferir y cuantificar el estado del sujeto durante una situación de carga mental.

Para el estudio de la relación entre la carga mental y los cambios fisiológicos del cuerpo humano empleando la termografía, se trata de relacionar cambios en la T^º facial (respuesta fisiológica) como índice objetivo de la carga mental (indicador de lo que pasa en el cerebro). La termografía se presenta como un instrumento válido para evaluar objetivamente la actividad elicitada por el sistema nervioso autónomo, como hemos citado anteriormente. La fatiga es un síntoma presente en la carga mental que también encontramos en otras respuestas del sistema nervioso autónomo como el estrés. Por este motivo, los estudios que afirman cambios en la temperatura corporal correlacionados con respuestas de estrés nos guían en el estudio de los correlatos fisiológicos de la carga mental. En este sentido, los estudios de Genno y colaboradores (1997) que emplean la temperatura para evaluar la sensación de fatiga, han aportado una guía muy clara sobre cómo medir la carga mental a través de la termografía.

En sus experimentos (Genno, et al., 1997) toman como punto de partida el hecho de que la temperatura de la piel tiene un gran potencial como medida fisiológica sin la necesidad de tener contacto físico con el sujeto. Para ellos la nariz es una de las partes del cuerpo que aparte de no experimentar apenas movimiento, sí experimenta variaciones de temperatura en condiciones de estrés. Basándose en los cambios que experimenta la temperatura de la piel debido a la respuesta lanzada por el sistema nervioso autónomo ante la respuesta de estrés, ellos registran la temperatura de la nariz, observando un descenso de la misma en dichas condiciones. La vasoconstricción conduce a una reducción del flujo sanguíneo en los capilares periféricos de la nariz, por lo que la temperatura disminuye. Ya en los 90, este grupo se centra en el correlato del cambio de temperatura en la nariz ante respuestas de estrés, lo que les permite inferir el grado de fatiga a partir del estrés, generando una fórmula predictiva para comprobar la aplicabilidad de

esta metodología. Una de las diferencias entre estos experimentos y los actuales es el uso de termistores, empleando una técnica de detección de la temperatura basada en la conducción. Emplearon lo que se llama una tarea de seguimiento, combinada con una señal de alarma, que generaba la respuesta de estrés, reportada en dos escalas, una de tensión y otra de sentido de foco. Sus datos apuntaban que la temperatura de la nariz experimentaba un ascenso durante el periodo de descanso (con ojos cerrados) previo a la tarea y después caía, tanto al comienzo de la tarea como cuando se detonaba la alarma que daba comienzo a la situación de estrés localizada. La conclusión era clara: elicitar respuestas de estrés estimula la actividad nerviosa autonómica, dando lugar a la constricción de los vasos sanguíneos en las extremidades y por tanto a la cantidad de flujo sanguíneo que llega a las mismas. La cantidad de calor liberada al ambiente por tanto es menor, por lo que se puede hablar de un mecanismo fisiológico (Genno, et al., 1997). Ninguna de las otras partes evaluadas (mejillas, barbilla, frente y orejas) experimentó un cambio significativo.

Estos autores también validan mediante sus experimentos que la temperatura de la frente es de las más estables del cuerpo (Stoll, 1964), por lo que la utilizan como referencia comparativa: obteniendo una evolución en los valores de temperatura similares entre la frente y la nariz cuando la condición era reposo, pudieron comprobar la estabilidad de una frente a los cambios de la otra al darse situaciones de estrés, que podía diferir hasta en 3 ° C. Esto hacía que en situaciones de reposo, se pueda emplear la temperatura de la frente como referencia en vez de la de la nariz, haciendo más fácil la comparación posterior cuando se introduce la condición experimental. Realizando repetidamente la tarea de seguimiento, Genno y colaboradores pretendían generar una situación de disminución de la alerta que diese lugar a la fatiga, y lo consiguieron: no sólo la alerta subjetiva de los participantes disminuía, sino también la actividad nerviosa simpática y por tanto no se producía la bajada de temperatura significativa en la nariz.

Estudios que han manipulado más ampliamente la cantidad de carga mental en relación al cambio fisiológico detectado en la nariz, sugieren no obstante, que una demanda alta de la tarea no significa necesariamente un incremento en el esfuerzo mental (Veltman & Vos, 2005). Estos autores nos recuerdan que la importancia de la medición es el cambio de la temperatura de la nariz, y no su valor absoluto, puesto que puede que la carga mental no sea el único factor que afecte a la temperatura de la nariz (sugieren un control exhaustivo de la temperatura ambiente para evaluar el cambio en la nariz y emplear la temperatura de la frente como valor de contraste). Ellos apuntan a la importancia de la respiración en procesos de carga mental, donde el individuo necesita una ventilación más intensa, aunque sus resultados no son concluyentes.

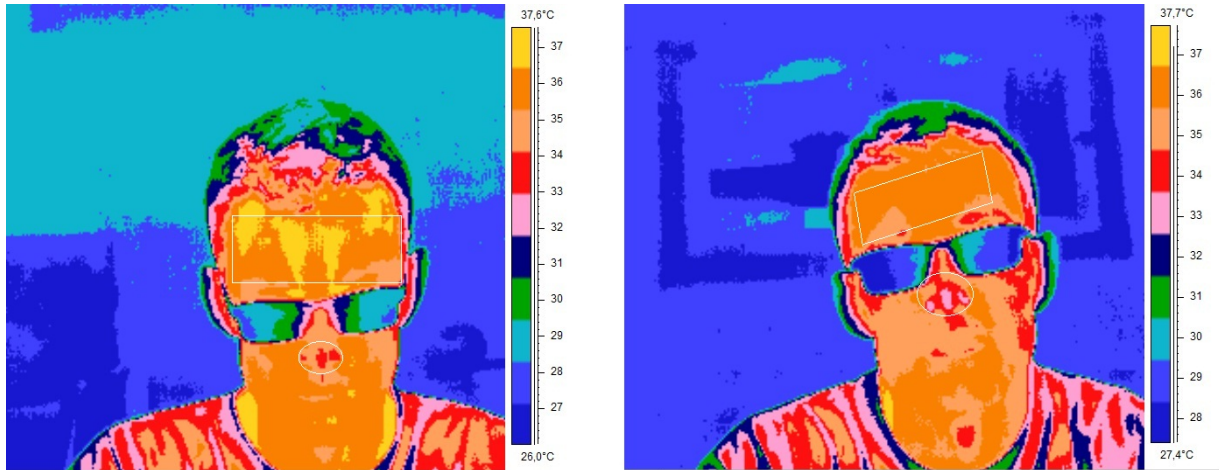


Figura 6: Imagen térmica de un sujeto en reposo (primera) y al finalizar un experimento de carga mental (segunda) realizado en un experimento piloto por nuestro grupo. Demarcadas las ROI de interés en frente y nariz.

Diez años después de los estudios de Genno, Or & Duffy dieron algunos pasos más empleando tareas de conducción, investigando la relación entre carga mental y fallo humano, en entornos reales y simulados y empleando una tarea secundaria (la mental loading task) para aumentar la carga mental. Con una metodología más actual, empleando cámaras termográficas y determinando lo que denominan ROI (región of interest), corroboraron la equivalencia de la temperatura de la frente y la nariz en condición de reposo, y la caída de la temperatura de la nariz en todas las condiciones donde se manipulaba la carga mental. Además en las tareas donde se introducía tarea secundaria también se percibía un aumento subjetivo de la carga mental, que correlacionaba con los datos fisiológicos de temperatura. Aunque el entorno simulado (virtual) provocaba mucha más carga mental subjetiva que el entorno de conducción real, los datos de temperatura seguían la tendencia ya apuntada por Genno, y además comprobaron que el uso de la termografía podía aplicarse a situaciones no de laboratorio.

De estas investigaciones en carga mental recogemos varias aportaciones adicionales interesantes: la termografía aplicada a la carga mental puede ser útil en el testeo de prototipos, mejorando la exactitud de las tareas y la relación de éstas con la cantidad de carga mental; también debe ponerse el acento en la metodología, siendo precisos en la medición de la temperatura, tanto en el momento temporal a considerar (inmediatamente antes e inmediatamente después de la condición experimental) como la zona a medir. Las líneas de investigación futuras para este contenido debieran centrarse en cómo afecta la intensidad de la tarea a la bajada de temperatura, intentando extraer modelos de cambio fisiológico robustos y

sustentados siempre por medidas adicionales tanto psicofisiológicas, como la dilatación pupilar, como subjetivas.

Evaluación de estados afectivos

Aunque existen pocos estudios sobre esta aplicación de la termografía, podemos aventurar cuáles son las líneas de trabajo que están abriendo autores como Khan, Ward & Ingleby (2006). Sus experimentos muestran variaciones de la intensidad de temperatura en sujetos que expresan estados afectivos positivos y negativos, en concreto, felicidad y tristeza. Mediante la construcción de un algoritmo de tres pasos desarrollan un sistema de clasificación donde se determinan los componentes principales y los rasgos discriminatorios en cada caso. La Clasificación de Expresiones Faciales Automatizada (AFEC) es un área de investigación bastante potente en la actualidad para la robótica y los sistemas de Interacción Hombre-Máquina (HCI), que dan lugar a software de reconocimiento de expresiones que, en un futuro no muy lejano, serán útiles a la clínica, las aseguradoras o la investigación criminal. El sistema se basa en una primera captación de la temperatura facial para cada estado emocional, seguido de una extracción de los rasgos faciales diferenciadores de cada estado afectivo, que señala los puntos termográficos de interés. Aunque no se disponen de patrones generalizables para todas las etnias, esta línea de investigación puede ser de gran utilidad para el conocimiento de las emociones humanas.

Detección de mentira

La mentira se considera una respuesta evolutiva, una manera de adaptarnos a una circunstancia que nos genera incongruencias malestar o de salir temporalmente de situaciones comprometidas. Desde el uso del polígrafo para su detección, pocos instrumentos habían aportado algo novedoso y sobretodo práctico que ayude a detectar cuando alguien está mintiendo. La respuesta de la mentira engloba una serie de procesos biológicos característicos: elevación de la tasa cardíaca, elevación de la presión arterial, alteración de la respiración, sudoración... y todas estas manifestaciones son las propias de la respuesta de estrés (Tsiamyrtzis, et al., 2007), y en la actualidad pueden detectarse mediante diferentes tipos de detectores, la mayoría de ellos integrados en el polígrafo. En el ámbito de la criminología, la detección de la mentira juega un papel importante, y habitualmente el protocolo técnico para medir la respuesta periférica se ha centrado en la realización de la prueba con el polígrafo durante una sesión del interrogatorio al sospechoso. Incluso algunos gobiernos, como el de Estados Unidos o compañías privadas emplean esta técnica para chequear a sus empleados en situaciones comprometidas.

Pero existe la necesidad de simplificar esta técnica, de hacerla más sencilla y económica en tiempo, y es aquí donde la termografía surge aplicada a la detección de la mentira. Pavlidis, Eberhardt & Levine (2002) han descubierto, en estudios en laboratorio, que los sujetos sometidos a una situación de estrés muestran una acumulación sanguínea, una perfusión en la zona del músculo orbital que se traduce en una elevación de la temperatura en la zona. La zona de interés (ROI) está situada en la esquina interna del ojo, donde confluye el complejo arteriovenoso oftálmico de la musculatura del ojo.

En España, el caso de los niños cordobeses desaparecidos en octubre de 2011 ha dejado una muestra que, aunque no científica, nos permite ver cómo la termografía también va adquiriendo su sitio como técnica. Cuando se efectuaron los registros en la finca donde supuestamente desaparecieron los niños, el especialista en termografía que analizaba la zona tuvo ocasión de tener en su objetivo al principal sospechoso. En un análisis preliminar que, aunque ecológico no gozaba de condiciones que garantizaran la fiabilidad de la medida, detectó una temperatura facial de casi 2º C por encima de la temperatura media habitual en el principal acusado del caso, cuyo margen no excede los 36ªC. Los especialistas que siguen de cerca esta investigación atribuyen esta diferencia solo a dos razones, que el sospechoso esté enfermo o que esté en una situación de estrés.

El departamento de defensa estadounidense ha desarrollado una técnica basada en la detección de la mentira mediante la termografía en contraposición a los datos que ofrece el polígrafo. La exactitud de ambas técnicas ronda el 80% (Pavlidis, et al., 2002). La técnica, que los autores basan en una combinación de seguimiento y supresión de ruido (mejorando así a la técnica anterior basada en la acumulación sanguínea en la zona), acaba aportando un dato que califica como engañoso-no engañoso a la señal térmica recibida, contribuyendo así con pruebas empíricas a situar al sujeto como alguien que está, potencialmente, engañando (Tsiamyrtzis, et al., 2007). Aunque aún se necesita mejorar la técnica en entornos más ecológicos, la termografía puede contribuir en este caso a conocer mejor mecanismos psicológicos complejos, como la respuesta de mentir.

Estudio del bostezo

El bostezo es un acto motor involuntario arraigado en nuestra conducta más antigua filogenéticamente y que compartimos con otros animales (Chouard & Bigot-Massoni, 1990). Es un reflejo que se desencadena ante el sueño (despertar o adormecimiento), el aburrimiento, el

hambre, o los conflictos emocionales (Muchnik, Finkielman, Seemeniuk, & de Aguirre, 2003). Su estudio resulta interesante porque está vinculado a nuestro comportamiento social (Provine, 1986), por la facilidad de su contagio o porque no se sabe muy bien cuál es su funcionalidad fisiológica. Neuroanatómicamente hablando, para bostezar se necesita la activación de la formación reticular del tronco del encéfalo, el hipotálamo, el sistema límbico y los ganglios basales. Una vez demostrado que no es una respuesta compensatoria ante las carencias de dióxido de carbono en el cerebro, hay varias corrientes de estudio que sitúan su funcionalidad en diversos puntos.

Hay varias explicaciones sobre por qué sucede el bostezo: Muchnik, Finkielman, Semeniuk y de Aguirre (2003) sostienen que se trata de un mecanismo adaptativo de la respuesta de estrés, como parte del reflejo de vigilancia que evolutivamente ha adquirido valores sociales que explicarían porqué su contagio sólo ocurre en humanos. Dada su relación con el lóbulo temporal y con algunos tipos de epilepsia relacionada con el ciclo sueño-vigilia, estos autores sostienen que el bostezo es una especie de sistema de protección (basado en los mecanismos opiáceos) para evitar el sobrecalentamiento cerebral. La teoría más arraigada por otra parte, es la que defiende que nos sirve para enfriar el cerebro (Gallup & Gallup Jr, 2007), como mecanismo termorregulatorio. Las estructuras hipotalámicas relacionadas con la termorregulación también parecen estar involucradas en el mecanismo del bostezo, y todo ello se relaciona con la necesidad de mantener el cerebro a una temperatura constante. De hecho, los experimentos de Gallup encuentran un efecto antagonista al bostezo (no se bosteza) cuando se respira únicamente por la nariz o cuando se enfría la frente artificialmente, por lo que parece que si ya existe algo externo que ayuda a mantener la temperatura del cerebro constante no se necesita del bostezo para hacerlo.

Lo interesante de la termografía para este proceso es que puede analizar las diferentes partes del rostro que pueden generar evidencias a favor de una u otra teoría; teniendo en cuenta la temperatura de la frente, las fosas nasales o incluso del cráneo en general se puede contribuir a conocer la función del bostezo. No está claro cuál es el termograma para el bostezo aunque lo más lógico sería pensar que después del mismo la frente o nariz deben encontrarse a menor temperatura. Aunque nosotros hemos realizado algún estudio piloto no podemos ofrecer datos concluyentes a este respecto. Ver figura 7.

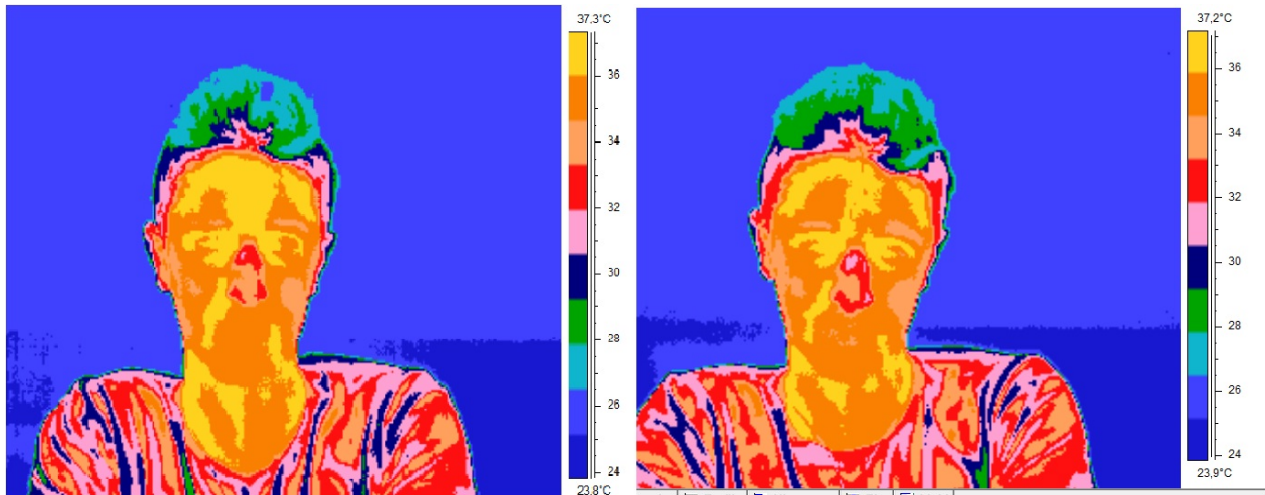


Figura 7: Imagen térmica de un sujeto antes y después de un bostezo. Posible patrón de cambio en frente y nariz

El estudio de los cualia y la termografía

La propia experiencia marca nuestra forma de entender el mundo, haciendo que se modifique lo que realmente está ocurriendo debido a nuestra sensación (Damasio, 2001), a nuestra vivencia en primera persona. Conocer qué sucede a nuestro alrededor no es sólo una cuestión puramente cognitiva o conductual, donde nuestro cerebro procesa todos los datos que integran una percepción, sino que además se necesita tener conocimiento subjetivo, es decir, haberlo experimentado anteriormente y sentir que eso está relacionado con lo que ya conocemos. Esta manera de conocer el entorno afirma que las cualidades de lo que nos rodea dependen, en cierta medida, de algo que está dentro del propio observador. Esa experiencia en primera persona, esta cualidad subjetiva de nuestras experiencias personales se denomina Cualia, y el ejemplo más sencillo que la ilustra son los colores: independientemente de la longitud de onda que refleja una superficie, de la capacidad del ojo para percibirla y que el área cerebral V4 determine que tenemos ante nosotros un objeto por ejemplo de color rojo, la esencia de ese color viene determinada por la experiencia subjetiva de quien lo percibe. Los numerosos experimentos y estudios sobre el papel de la subjetividad en los procesos psicológicos más básicos (Ornstein & Thompson, 1991; V.S. Ramachandran & Blakeslee, 1998; Sacks, 1995; Zeki, 1980) concluyen que aprendemos a conocer el entorno si disponemos de una experiencia subjetiva del mismo, haciendo que cada uno de nosotros construya su propio universo sensorial basándose en los cualia. Un cualia, por tanto, es una experiencia privada, subjetiva, intuitiva e inmediata basada en lo cualitativo del proceso psicológico que se está produciendo. El conocimiento de un color

necesita de la actividad biológica y la cognitiva, que son cualidades primarias, pero también de la experiencia subjetiva o cualidad secundaria, que nos indica que eso que percibimos es así porque nosotros lo vemos así. El estudio de los cualia se refiere de forma directa al estudio del yo, de la referencia de la primera persona que otorga la interacción con el objeto, y que dota a nuestra percepción de lo que ocurre de algo más que no aportan las propiedades primarias (como la forma, el peso, la longitud, etc.); la dota de una propiedad emergente del cerebro físico a partir de los sentidos y del papel de la acción, de la experiencia. El cualia se refiere a lo fenoménico, es un fenómeno neuropsicológico (Legrenzi, Umiltá, & Anderson, 2011) y a eso es a lo que coloquialmente se llama sensación.

Por supuesto se deben mencionar las teorías que postulan que los cualia no existen como tales, sino que más bien son algo colateral a la experiencia, algo epifenoménico, residual, que no completa en modo alguno al mundo físico (Dennet, 1995). Para Dennet los cualia son la suma total de todas las disposiciones a reaccionar inherentes al sistema nervioso y que da lugar a una respuesta ante un estímulo. Según él, la experiencia no necesita de una cualidad, en todo caso la cualidad de una experiencia no es más que un estado de discriminaciones cerebrales. De cualquier forma, y más aún con las diferentes investigaciones que ponemos en marcha en este trabajo, se puede decir que la experiencia subjetiva siempre está presente, ya sea en experiencias presentes, en la evocación de sensaciones en el recuerdo o en la nueva sensación y emoción de una acción recién descubierta.

Los correlatos anatómicos de los cualia aún están en estudio. Por lo pronto, la ínsula parece jugar un papel fundamental en el paso de la experiencia en tercera persona (ver a alguien llorar) a primera persona (sentir yo ganas de llorar) (Rizzolatti & Sinigaglia, 2008), y este “juego” es importante para los cualia; evidentemente el correlato más obvio se relaciona con el sistema de las neuronas espejo (fronto parietal), ligado a la imitación y también a ese mecanismo de experiencia a través del propio cuerpo y del de los otros.

En esta tesis hablaremos de tres experiencias subjetivas e intentaremos localizar diferentes marcadores somáticos, en la idea de los marcadores somáticos que ya defendió Damasio (1993). Las cuatro características principales de los cualia –inefables (sólo se conocen por la experiencia directa), intrínsecos (no cambian dependiendo de la relación de la experiencia con otras cosas), privados (no se puede comparar entre personas) y directamente aprensibles- (V.S. Ramachandran & Blakeslee, 1998) están presentes en nuestros tres fenómenos de estudio: el orgasmo, la sinestesia y el duende flamenco. Nuestro propósito es aplicar la termografía al

estudio de los cualia, asociados al sistema límbico y al lóbulo frontal. Trataremos el componente fenoménico de tres cualias y exploraremos su aspecto conductual (la respuesta del orgasmo, por ejemplo), cognitivo (la función de la empatía en los sinéstetas, por ejemplo) y fisiológico (la activación cerebral al ver expertos durante un baile flamenco, entre otros).

En el caso de la respuesta sexual presentamos dos trabajos; el primero de ellos se centra en el estudio del orgasmo femenino, en las características de personalidad ligadas al mismo, en los hábitos sexuales, las conductas de relación con el otro sexo y la respuesta empática; el segundo emplea la termografía para el estudio de la excitación sexual, centrándose en una zona no genital pero relacionada con la respuesta sexual, el pecho.

Por otra parte se estudia la sinestesia, más desconocida que la anterior; se trata de un cualia sensorial y la encontramos bien descrita en el capítulo 6. En el primero de los dos trabajos que presentamos, se defiende el aspecto fenoménico de la sinestesia, ya explorado en trabajos anteriores de este grupo de investigación. En nuestro segundo trabajo la termografía nos muestra algunos marcadores somáticos de este cualia mediante el estudio de tres casos relacionados con la sinestesia tacto-espejo.

Por último estudiaremos un cualia muy particular, el que se dice que tienen los expertos en flamenco, el Duende. Gracias a la colaboración de bailaoras expertas pretendemos comprender mejor como la acción influencia nuestra experiencia motora; también buscamos la relación entre la estética de la danza y su correlato neuroanatómico; la termografía será utilizada para intentar localizar marcadores del duende en un cuerpo bailando. En esta última parte hemos empleado técnicas adicionales como la resonancia magnética funcional para intentar ofrecer una explicación lo más completa posible de este cualia.

II. MEMORIA DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

TERMOGRAFÍA Y DESEO SEXUAL

Capítulo 3: **The female orgasm**

Capítulo 4: **Pectoral temperature changes as marks of the sexual response: differences between men and women**

TERMOGRAFÍA Y SINESTESIA

Capítulo 5: **On the need to review carefully: Commentary on Cardeña and Marcusson-Clavertz: On the need to compare anomalous experience carefully**

Capítulo 6: **Tres casos de sinestesia a través de la termografía: la experiencia subjetiva del tacto a estudio**

TERMOGRAFÍA Y CUALIA: EL DUENDE FLAMENCO

Capítulo 7: **Imagen cerebral del baile Flamenco**

Capítulo 8: **Neuroestética del flamenco: Claves neurales a través de fMRI**

Capítulo 9: **The Thermal Imprint of Flamenco**

Capítulo 10: **Autoconciencia y ¡olé!: Yo soy yo y mis acciones**

TERMOGRAFÍA Y DESEO SEXUAL

Capítulo 3: The female orgasm

With regard to the orgasm, particularly the female one, recent neuropsychological studies maintain that the cerebral amygdala has to be deactivated at the last minute (Georgiadis, et al., 2006; Salonia, et al., 2010). The amygdala is the emotional centre of pain. We presume that if it has to be deactivated, it must have been activated beforehand. It could be said that we are referring to the theory of false alarm as the basis of the orgasm. The theory of the false alarm of laughter states that we laugh involuntarily when someone trips up (the stumble of a circus clown) and it does no harm: following the activation of an alert, if the danger disappears, the tension is relieved by means of laughter, as a homeostatic process. This could perhaps explain the preference women have for bad guys. However, when women are asked about the man of their dreams, they usually say they want someone who is sure of himself and who makes them laugh (who gives them false alarms?). That is to say, once again, the security factor and laughter as ingredients. In any case, the question is whether laughter and orgasms have something in common and whether this common factor is the false alarm and/or its hedonic value (does the false alarm generate pleasure (physical or mental)?).

We are going to study whether the ease of reaching orgasm correlates with the involuntary laugh at a stumble and with the laughter from being tickled, which is laughter different from and perhaps independent of the false alarm. We also study its relation to happiness and whether all these factors have in common the elimination of fear or activation or whether they are independent. We also try to determine whether thinking about sex has a motivational value, whether it is a source of inspiration, whether it is associated with creativity. We are interested in finding out whether the orgasm, happiness or laughter of any type is associated with creativity. It is usually said that boys think about sex more than girls and that sexual desire is associated with the level of testosterone (Basson, 2006). We will examine whether these sexual thoughts have associations with the sex life of the person and with his or her personality traits such as intelligence, creativity or life goals.

METHOD

To put this hypothesis to the test, we handed out a questionnaire of 150 questions to a sample of 100 university students aged between 18 and 45, of whom 45 were men and 55 women. The questions were combined randomly. All the questions had to be answered on a scale of 0 to 10 without the option of responding with a 5. The questions make reference to:

A) Personality traits (you are envious, fearful, a cry-baby, perfectionist, egocentric, ambitious, naïve, irresponsible, distrustful, level of self-esteem, level of self-confidence, affectionate, nice, boring, level of energy, nostalgic, consistent, a procrastinator, intelligent, obsessive, shy, impulsive, I laugh at anything, I'm a liar, from 0 to 10 I'm a number...). Attempting to cover a large number of traits.

B) Desirable traits in one's partner (that s/he is sporty, has money, is amusing, intelligent, sure of her/himself, fun, creative, good, masculine (or feminine for men), cute, affectionate, dominant, shy, kind, extrovert...).

C) Sex life (ease of reaching orgasm, frequency of masturbation, level of sexual knowledge, frequency of daily thoughts about sex, frequency of sexual fantasies, frequency of intercourse, presence of sexual problems, importance of pleasure, I miss an ex, my current relationship is satisfactory, I don't forgive physical infidelity, I don't forgive emotional infidelity...).

D) Relations of dominance (I'm sexist, racist, xenophobic, obedient, submissive, controlling, dominant, a leader, conformist...).

E) Characteristics of empathy (I'm empathetic, I'm nice, I suffer when I see someone else suffering, I'm susceptible to contagious laughter, other people's feelings matter to me...).

F) Schizotypy (the whole world is against me, people often disapprove of me, I have esoteric beliefs...).

G) Locus of control (I'm in control of my relationships, I believe in Fate, I think there's a reason for everything that happens, I control my emotions, I'm good at solving problems, I'm obedient and conformist, I'm rebellious, I read self-help books, my parents or my partner are to blame for everything, I'm responsible for my actions, I carry out my threats, I'm emotionally dependent, situations defeat me...).

Of course, some items belong to more than one category. The present aim is to check whether these phenomena (happiness, orgasm, laugh, false alarm) are related and in which aspect of their possible complex underlying structure (according to empathy, locus of control or schizotypy; according to other personality traits, associated perhaps with security and fear; according to characteristics of the couple rather than of the subject her/himself or in relation to the seeking of pleasure or to factors of a sexual kind).

RESULTS

The first thing we observed was that the pattern of correlations differed according to gender. That is, women and men show different relationships between these phenomena. The mean and typical deviation for the key questions are: Orgasm (O), for women this was $O=5.40(2.43)$. For men the results were $O=7.75(2.40)$. Frequency of thinking about sex: for women $4.72(2.93)$, for men $6.40(2.37)$. For creativity, the scores were: for women, $6.66(2.14)$ and for men, $6.18(2.67)$. Both differences, for orgasm and thinking about sex, are significant, Cohen's (1988) $d < 0.6$.

Analysis for women

With regard to the ease of reaching orgasm in females, it correlates positively with knowledge of sexuality (0.66), with thinking about sex a lot each day (0.42), with liking bad guys (0.52), with missing an ex (0.49), with being promiscuous (0.50), with having a satisfactory sex life (0.62) and with drinking a lot of alcohol (0.57). Also with personality traits: being a liar (0.50), being creative (0.50), being rebellious (0.52) and being a gossip (0.44). It does not correlate with ticklishness (0.17) nor with laughter at a stumble (-0.08) or with happiness (0.10). However, creativity does correlate with ticklishness (0.41) and laughter at a stumble (0.40) as well as with ease of reaching orgasm. In women, neither ticklishness nor laughter at a stumble nor happiness shows correlations with sexual variables.

The ease of having orgasms correlates negatively with: being boring (-0.50), being emotionally dependent (-0.50), being obedient (-0.60), being nice (-0.49), being selfish (-0.41) and also with having sexual problems (-0.61) and with not forgiving infidelities (-0.63) and being faithful (-0.58).

Women who think a lot about sex: are of good character (0.41), are not envious (0.40), are amusing (0.66), are procrastinators (0.46), are knowledgeable about sex (0.59), have sexual

fantasies (0.86), masturbate (0.64), like bad guys (0.42), have a lot of sex (0.56), are not strong (-0.43), are gossipy (0.46), spread rumours (0.42) and are not responsible (-0.45).

With regard to the orgasm, it depends, above all, on variables linked to sexuality (thinking about sex, being promiscuous...) and on numerous personality traits of the subject (being a liar, rebellious, creative, gossipy, unpleasant, generous, amusing, emotionally independent, disobedient, irresponsible and a pessimist) and on one trait of their partner (being a bad guy). It is associated with creativity but not with ticklishness or laughter at a stumble or happiness, for which reason the theory of false alarm does not appear to offer a direct explanation, nor does causing fear to disappear (or diminishing activation or increasing security or confidence), the underlying factor in all these aspects. However, the orgasm is related to fun, rebelliousness (characteristics of the woman) and danger (bad guys: that is, a characteristic of the partner). Thinking about sex is not related to creativity. Creative women are ticklish (0.45), laugh involuntarily at a stumble (0.49), reach orgasm easily (0.40), are egocentric (0.50), have self-esteem (0.55), are liars (0.41), intelligent (0.63), have low tolerance for frustration (0.41), want to be the best (0.51), are multi-tasking (0.50) and like arguing (0.44). Creativity is not related to happiness.

Analysis for men

The ease of reaching orgasm in men correlates positively with certain personality traits: being selfish (0.79), being conformist (0.81), believing life has a meaning (0.73), being moody or changeable (0.75), being aggressive (0.64), being irresponsible (0.68), drinking a lot of water (0.71) and not forgiving emotional betrayal (0.71). This facility correlates negatively with: being insecure (-0.87), being courageous (-0.71), yawning a lot (-0.84) and liking bad girls (-0.88).

Men who think a lot about sex are: envious (0.64), concerned about security (0.82), not much attracted by beauty (-0.77), not perfectionist (-0.75), boring (0.68), neurotic (0.76), believe others disapprove of them (0.70), are liars (0.68), usually repeat the same mistakes (0.61), are optimists (0.61), selfish (0.69), have self-esteem (0.73), are not faithful (-0.71), don't laugh at everything (-0.71), are imitators (0.63), do not have a satisfactory sex life (-0.63), are responsible (0.75), don't feel very masculine (-0.77), are kind (0.62), don't watch sport on television (-0.68), don't laugh at a stumble (-0.90) and read a lot (0.76).

Creative men are: affectionate (0.61), intelligent (0.70), sleep and dream a lot (0.64), have complexes (0.61), are faithful (0.85), arrogant (0.63), sensitive (0.65), conformist (0.61), bashful (0.69), feel desirable (0.63), want to be the best (0.92) and are moody (0.63).

Ticklishness correlates, only in men, with sexual fantasies (0.37) and masturbation (0.71). Again, only in men, involuntary laughter at a stumble correlates with having a satisfactory sex life (0.61) and with not thinking about sex (-0.90).

That is to say, happiness, creativity and ease of orgasm, ticklishness and laughter at a stumble are unrelated factors in men. The theory of false alarm does not appear to explain these phenomena.

DISCUSSION

What stands out is that to reach orgasm easily men must be selfish, sure of themselves, conformist, they must like good girls and not forgive infidelity, while women must be generous, disobedient and rebellious, they must like bad guys and be unfaithful. Women must drink alcohol and men water. That is to say, opposite patterns. In women, thinking about sex a lot is associated with sexual practice; in men, it is rather the reverse. Women are irresponsible, men are responsible. Men are envious, don't watch sport on television and read a lot; women are not envious but they are gossipy. Thinking about sex is not associated with creativity. For women, however, the ease of reaching orgasm is associated with it, along with ticklishness and involuntary laughter at a stumble, although these three factors are independent of each other, which supports the theory of the false alarm. For men, all the factors are independent. What creative men and women have in common are being intelligent and wanting to be the best.

One can speculatively associate the false alarm with this attraction of opposites, where the good girl and the bad guy, his self-confidence and her rebelliousness, his selfishness and her generosity and their relationships with fidelity complement each other. The variables relating to sexuality itself (promiscuity, fidelity...) do not appear to play a part in male orgasms but they do in female orgasms. The male personality is important: being conformist, selfish, cowardly, aggressive, irresponsible and bi-polar. The female personality has to be different: being a liar, rebellious, creative, gossipy, unpleasant, generous, irresponsible and emotionally independent.

Capítulo 4: Pectoral temperature changes as marks of the sexual response: Differences between men and women

In the present *research the thermographic technique is used for the study of differences between men and women in sexual response. We present this technique, which is non-invasive, painless and free of radiation, to measure the side changes to sexual response as described by Rubinsky (1980) in the groin and Abramson (1983) in the breast. As independent variable we used the exposure to three types of video to stimulate the appearance of sexual response: neutral, erotic and sexually explicit. According to our hypothesis the measured response, which was the temperature of the breast, could undergo some different changes: the right breast temperature is higher than the left breast temperature in arousal, most notably with erotic than with sexually explicit video in women and the opposite in men. Group gender differences have not emerged as significant, although some individual results turned out as expected to support the hypothesis already defended by authors such as Kukkonen and Binik since 2006.*

SEXUAL RESPONSE AND THERMOGRAPHY

The human sexual response is a combination of physiological, emotional and cognitive processes that presents a wide range of manifestations and goes through different phases (Chivers, Seto, Lalumière, Laan, & Grimbos, 2010). One of the products of these processes is sexual desire, defined by Levine (2002) *as the sum of the forces that drive us toward sexual behaviour*. Sexual desire is the result of the interaction of physiological changes, emotional expressions and motivational behaviors (Frijda, 1986) and like other emotions, it has different behavioral patterns of expression, although the most important for us is the sexual arousal (Chivers, 2005). The greatest interest resides in the differences between the measurement of the subjective experience (subjective arousal) and the measurement of the physiological component of the response (Chivers, et al., 2010). The numerous studies measuring the relationship between sexual desire, physiological changes during the excitement phase, the type of stimulus used and the measurement of the subjective response offer forceful explanations of the controversy between sexual desire and arousal. As well as taking the differences between men and women into account, they also relate to other components of the sexual response, for example the response

components that may overlap or not, and give rise to the diagnostic classifications for sexual desire disorders gathered in the disorders classification systems, such as DSM IV.

Researches in this field suggest that the (subjective) arousal is the subjective experience of perceiving genital changes, while sexual desire is the subjective experience of the will of behaving sexually (E. Laan & Booth, 2008). In the same vein, it is stated that there is a high overlap between sexual desire and physiological arousal in the case of men, derived from the need for a physiological response to get to the sexual behaviour (penile erection), while in women the concordance is less common, since they don't have that need (Chivers, et al., 2010).

In this study we used a methodology similar to that of the researches exploring this controversy. The study of human sexual response is developed through several techniques that analyze the physiological changes that accompany arousal (T.M. Kukkonen, Binik, Amsel, & Carrier, 2010; Rellini, McCall, Randall, & Meston, 2005). The way to measuring the subjective response in both sexes is the self-report, usually through a Likert scale, applied after a sexual stimulus. This scale can be applied for measuring sexual arousal, in which case it mainly refers to an emotional state, or for measuring the genital response, in which case refers to the perception of physiological response (Chivers, 2005).

Other authors deal with this difference in sexual arousal between men and women in a more clinical perspective in recent studies. Chivers, Seto, Lalumière, Laan, & Grimbos (2010) found that men produced higher subjective-genital correlations than women in most of the studies published from 1969 up to today and they analyzed the most influential factors in these differences. Among these authors' most important conclusions we will highlight that, in men, the measurements of sexual response used in the experiment are interchangeable because of their high correlation, but this relationship is not consistent in women. The gender difference in concordance may be a manifestation of a broader gender difference in interoceptive awareness, so that both the studies in this line and those that continue exploring sexual response are useful working lines.

Some of the most relevant studies to measure the physiological component of the sexual response were developed using the technique of photoplethysmography (Geer, Morokof, & Greenwood, 1974). For both men and women, genital arousal refers to the physiological response of vasoconstriction, although the results, erection vs. vaginal lubrication are not the same. For the measurement of the vaginal response the photoplethysmograph is used (a tube similar to a

tampon), this device register hemodynamic changes in the skin of the vagina using the light reflectance. For the measurement of penile erection the penile plethysmograph is used, it measures the size of the circumference of the penis caused by the vasodilatation generated by the erection (Chivers, 2005).

In addition to these techniques, which are the more common, other techniques are also available such as monitoring by rigiScan or ultrasonography of the penis for men, or pelvic magnetic resonance imaging scan (MRI), the labial thermistor, clitoral ultrasonography or oxygen electrodes in women (T.M. Kukkonen, et al., 2007). All these techniques have significant limitations; perhaps the most important is that none can be used equally in men and women, so we need to get comparable parallel measures from each one. The use of these techniques is also complicated because the subjects can experience the effect of instrumental artifacts. The invasive instruments can become inadequate due to the difficulty of applying them directly on the genitals and the need of the experimenter to place them. For all these reasons, the standardisation of these techniques remains complex, as well as their use for the diagnosis of disorders related to sexual desire (T.M. Kukkonen, et al., 2007; Rellini, et al., 2005).

Thermography is a non-invasive and painless technique, it's free of radiation and it allows analyzing the body temperature by measuring the infrared energy emitted by human body (Gershon-Cohen, Haberman-Brueschke, & Brueschke, 1965). The intensity of energy increases and decreases in proportion to the body temperature, being the higher body temperature the most infrared energy the body irradiates. Human eye can not perceive infrared radiation but thermal imaging cameras are able to measure the energy through sensors specialized in this wavelength, which oscillates between 0.7 and 300 micrometers (10^{-3} mm). The application of this technique is based on human thermal physiology and on physiopathological basis of cutaneous thermoregulation, and it shows both metabolic and physiological processes. The thermal image reflects those values of the body temperature, illustrates a picture of the temperature of the studied areas, and can be analyzed qualitatively and quantitatively by showing the metabolic activity (Seeley, et al., 1980).

Considering the difficulties that other techniques may involve, the thermography applied to sexual response overcomes many of these drawbacks, since it can be applied equally to men and women, allows the comparison between the sexes and requires no manipulation of the subject's genitals (T.M. Kukkonen, et al., 2007). This technique also minimizes the possibility of "noise" in the data. Compared to other physiological measurement instruments that require the

subject to put different devices such as sensors or detectors on himself, the thermal imaging camera detaches the subject from any contact with the instrumental and allows comparisons between groups, since the temperature is measured on a standardized absolute scale (Tuuli M. Kukkonen, et al., 2006). For this reasons, thermography reduces the possibility of contamination and the variability of the data.

Thermography has been applied in clinical medicine, the first applications of this technique were in the evaluation of breast cancer, recording that when the local metabolism of diseased breast accelerates it also increases the temperature (Lawson, 1956). This technique has also been developed in dermatology as effective in the diagnosis of melanoma (Di Carlo, 1995). Within the field of psychology it is being used in different areas such as pain, mental workload or sexual response, which really concerns this work. Kukkonen's works (2007; 2010) open a new way towards the research in this field. Her researches using thermography emphasize that low correlations between physiological and subjective measurements of sexual arousal in women, in comparison with those in men, may be caused by the use of instrumental artifacts, inappropriate methodology and statistical analyses. Kukkonen talked about intrusive devices that affect the experience of arousal and prove that women can show correlation between subjective reports of arousal and genital physiology changes through temperature measurement. In fact, no significant variation was observed by contrasting temperature changes in the genital area when the stimuli were neutral or related to other emotions. Moreover, the variations during sexual stimulation were statistically significant and the clarity of the results was noticeable as eyeball data, observing the change of focus areas even before analyzing the results. This data correlated with subjective reports of arousal, and they strongly support the study of the variations in the sexual response in men and women.

Our research aims to use thermal imaging to explore a part of human sexual behaviour in a specific body part, the breast, to evaluate the subjective and physiological differences between men and women when they watch sexual stimuli. Rubinsky, Eckerman, Rubinsky and Hoover (1987) concluded that the presentation of erotic stimulus to men and women activated the sexual component of the physiological response in both groups equally, and there was no significant difference in the manifestations of the sexual response contained in the genitals. The samples were taken using the photoplethysmograph for women and the apparatus for measuring penile tumescence in men. Janssen got to similar conclusions in his study about the use of erotic videos for sexual research (2003). However, Rellini's experiments (2005) show a divergence between

female sexual response and subjective report of their excitement, finding little or no correlation between the two events. In women, the physiological changes of the sexual response may be present, but their subjective manifestation may not agree with these changes. In these experiments carried out only on women, the plethysmograph was used to measure changes in vaginal blood flow, heat dissipation and expansion of the vagina, while the subjective response was measured using subjective Likert scale of 7 items developed by Herman and Rowland in 1983 and subsequently by Meston and Gorzalka (1995). The subjective Likert scale uses answers about the feelings of sexual arousal (vaginal moisture, lubrication and heat, relative to physiology), positive and negative feelings and anxiety. Rellini and her colleagues found no relationship between the arousal collected through physiological measures and the subjective feeling contained in the questionnaires. There are differences between genders at least at subjective level. Only on men, we find congruence between physiological and subjective arousal (E. Laan & Everaerd, 1995).

This variety of researches, whose data are sometimes contradictories, lead us to explore the sexual response, and especially their physiological component. These consistencies and discrepancies between subjective and physiological levels are currently subject of discussion, and we believe that indirect measurements such as the measurement of the breast temperature, studied in this work, may clear it up.

PECTORAL CHANGES DURING THE SEXUAL RESPONSE CYCLE.

The techniques employed to assess subjective arousal offers the advantage of being a direct measure, but the sensitivity is different in men than in women because of the differential nature of their genitals. In this regard and based on previous researches, we set out the breast measurement with the latest thermal technology.

In this work, we have focused on measuring the arousal phase of human sexual response described by Masters and Johnson (1966) and temperature changes in the breast that have been found in previous experiments (Abramson & Pearsall, 1983; Seeley, et al., 1980). In the study by Seeley (1980), pectoral changes are measured in men and women during the 4 stages described by Masters and Johnson (1966). As Abramson expressed, measuring the breast temperature, even for extra genital response, is directly related to the expression of sexual feelings and the subjective feeling of excitement, it also represents for both men and women a major source of sexual stimulation. Our aim in this article is to reinforce the potential of thermography as a tool to detect

and evaluate the difficulties of sexual arousal. Other aim is to study gender differences in this aspect and to try to replicate (under different conditions) the thermal results achieved by Abramson, who discovered asymmetry between the temperature of the right breast (where it is higher) and the left breast at the sight of sexual stimuli, without need of genital registration. His research, which sought to add knowledge to the exploration of physiological sexual response beyond the genital changes, was focused on put down the participants (both men and women) to a series of stimuli as they searched the temperature changes in the breast area, including the pectoralis major and minor, the mammary gland, the nipple and the areola.

Abramson et al. (1983) measured the temperature at different times of the sexual response, monitoring the participants' chest while masturbating, dividing the process times to standardize the measurements. The study of this region brought for the authors a number of clear advantages: the breast is an extragenital area but correlates with the sexual response cycle, in both men and women. The physiological processes in these areas are similar to those observed in the genital region (vasocongestion and tumescence); the chest is often a source of sexual stimulation.

To avoid the interference that may result from the stimulation derived from masturbation, in our study we used the stimulation by the viewing of pornographic images, adapted for each sex. The bases of our research consider that in both men and women the temperature of the right breast raises when watching sexually explicit scenes, or in other words, when inducing arousal. All references indicate that women qualify an erotic video as more exciting, where sexuality is more implicit, but they don't just agree on whether there is a social component that prevents women from being entirely "sincere" in their subjective response about the excitement or not. In any case, in Rubinsky's experiments (1987) significant temperature changes were observed in both sexes in areas that are not exactly the genitals (the lower abdomen and groin) with this type of stimuli; so we find erotic and pornographic films as appropriate to our work, like breast measurement as an indicator of sexual response.

Given the state of research, we propose different hypotheses in this article. Like Abramson, we expect the right breast temperature to be higher than the left breast temperature in both men and women when watching sexually explicit videos and not when the videos are neutral. We don't rule out that some differences could be found also in the thermographic response to physiological changes when comparing erotic against neutral video (non sexual), especially among women. We must clarify that we have selected different types of videos to

stimulate sexual response because the response to them by men and women is different: on the one hand, men feel more excited watching sexually explicit videos, since they present in a more explicit way the sexual behaviour, and this is the kind of videos described by other researchers in their experiments (T.M. Kukkonen, et al., 2010); on the other hand, the videos shown as more exciting for women are more of an erotic nature, where scenes are not direct shots of genitals and there is an emotional component in the relationship of the actors who play the intercourse (Janssen, et al., 2003). If we consider the usual subjective response manifested by the participants, men show greater subjective arousal to pornographic material and women to erotic material (Ellen Laan, Everaerd, van Bellen, & Hanewald, 1994). And if this is coherent with the physiological response, the difference of temperature between the right and the left breast must be meaningful to women in the condition of erotic tape, while the difference of temperature between the right and the left breast must be significant for men in the condition of sexually explicit video. If there is a discrepancy between subjective and physiological manifestations of arousal, then women are expected to show greater subjective arousal to the erotic video but perhaps their physiological arousal is bigger with the sexually explicit video.

METHOD

The participants were students of the University of Granada between the ages of 21 and 24. The experiment was run with 6 women and 6 men. All subjects had Spanish origin and were recruited by the research assistants, as they were executing a research practice and should provide experimental subjects, according to some basic characteristics (age, being university students, being a trusted person). They received no economic compensation for their collaboration. Every subject filled out a brief screening questionnaire to determine that all of them had normal or corrected vision. 50% of them had a partner, but none of them cohabited with their partner. All of them were heterosexual.

Our exclusion criteria were: the absence of intercourse experience, never having seen pornography, a history of sexual arousal difficulties or sexual dysfunction, any medication that could interfere with sexual arousal or medical or psychiatric illness. None of the participants needed to be excluded, and all of them signed a standard written informed consent.

The participants had been informed beforehand and all of them consented, so they knew they would participate in an experiment on sexual response and would be recorded with a thermal imaging camera in an acclimatized room, being topless while viewing a series of videos. They also knew they had to inform about their private sexual feelings in a scale.

Apparatus. To carry out this work the following elements were employed:

Camera ThermoVision A320G Researcher Infrared Camera, with a sensitivity of 0.07 to 30° C of difference. We worked with a range of between 15 and 37 ° C (this range is within the range of sensitivity of the camera). The camera was placed on a tripod, which stood at a distance of between 105 and 120 meters from the floor. For both men and women the camera stood at a distance of between 100 and 130 centimetres from the subject and its height was manipulated to stand in front of the breast. We always used the automatic focus system of the camera.

Laptop connected to the camera through the program pro Researcher TermaCAMP 2.9: this software performs a continuous recording during the measuring in every condition, at a rate of 8 frames per minute.

Laptop DVD player. For subjects to watch the videos in all experimental conditions. It was located in a support for PC on a table, at the height of the participant's head, the participant should look at it with an angle of about 45 ° upward so the heat emitted by the device could not contaminate the temperature detected by the camera, which stood in front of the subject.

Experimental design and manipulations. The design used had several kinds of variables. The gender was a between groups variable. The kind of video to be exposed (neutral, erotic and sexually explicit) was a within subject variable. The dependent variable is the temperature of the breast. The area recorded corresponded to the entire front of the subject from the navel to the head, but the part registered for measurements, and included in the analysis, was limited by the subject's breast. This ROI (region of interest) is delimited by analyzing the homogeneous area of the subject's breast for each image, settling the area that extends from below the nipple to the pectoralis major muscle for men, so it measure the entire central area of the breast, where pectoralis minors and majors coincide in both breasts. Example at Figure 1.

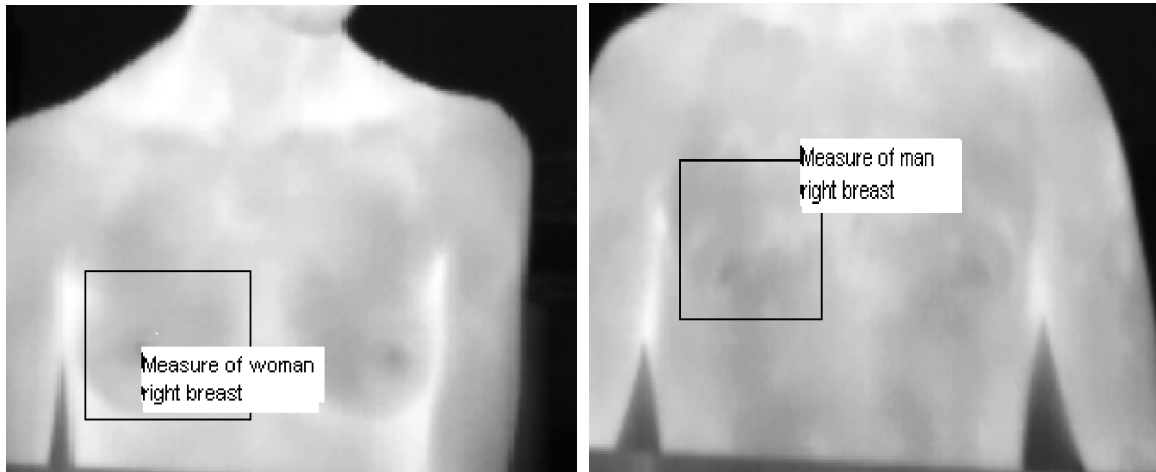


Figure 1: Measure of women and men’s breast

With regard to the videos exposed to participants, the Neutral video (N) content a sequence of images of nature (forests, oceans) accompanied by music. The duration was 5 '. The Erotic video (E) shows several scenes from the erotic movie "Lie with me", in which there was no explicit sexual content although there were scenes of interaction between actors related to sexual tension; it had a duration of 5'10 ". The Sexually explicit video (P) contained several scenes of fellatio, stimulation scenes (men and women) and intercourse from a pornographic film; it had duration was 5 '.To prevent the order of presentation of the videos to affect the experiment, we counterbalanced this order with the participants.

To ensure that the stimulus (videos) unleashed the excitation expected in each group of subjects, a subjective Likert scale with a score range from 0 to 10 was given to each participant to be fulfilled, where 0 was “not excited at all”, 5 “not particularly excited but also not disliked” and 10 “very excited”. The results were as follows in table 1.

Table 1: Scores on the Likert scale administered to the subjects to answer to: "Scale of sexual arousal induced by the video".

Group of subjects	N		E		P	
	Average	Standard deviation	Average	Standard deviation	Average	Standard deviation
Women	5,8	1,79	7,1	1,79	5	1,22
Men	7	1,26	6,25	1,5	8,1	1,26

Data Analysis. We used Cohen's delta (1988) to compare the prevalence of the different videos in each group, finding out that all expected comparisons were significant and of large effect size (see explanation of the d value in Results and Discussion): for women, in the comparison between the presentation of the erotic video and the sexually explicit one $d= 1.4$, while in the comparison between the sexually explicit and the erotic video $d = 1.3$.

In the comparison between the erotic and the neutral video for women the analysis showed a result of $d = 0.72$, while in the comparison between sexually explicit and neutral video for men $d = 0.87$. The result was also significant in the comparison between the values given to the sexually explicit video for men and for women, where $d = 2.41$. With these values we verify that the use of these videos as stimulus was adequate to the purpose of this research.

Procedure. The subjects were received by the experimenter, who recorded their data and the sequential order corresponding to the subject. It was explained to subjects as follows:

You will participate in an experiment where we measure the temperature of your torso while you watch to videos with different images. You will watch the videos alone, but I (the assistant) will come to set the following one once you tell me it's finished. Your job is to watch the videos, there is nothing further to do, but first, we will ask you some questions about your private sexual feelings that will help us to complete the information we need. I'll be backstage, so if you have any question you only have to call me. Now, we need you to answer some questions, and afterwards you must undress to the waist and tie back your hair. We need you to stay naked so that your body gets used to the temperature of this room.

At this point the informed consent was signed and the batch of screening questions was carried out. Subsequently, the subject undressed and returned to the thermographic room. In about 10 minutes the body was adapted to the temperature of the room, which remained constant between 20 and 22 degrees. Although the subjects were received in the same room where the experiment was done, a curtain was set from the ceiling to the floor to separate the part of the room where the subject sat from the area where the experimenters remained during the recording, in order to create an atmosphere of privacy. See a distribution of the room in Figure 2.



Figure 2: Simulated image to show the distance from the subject to the camera

After this time, the assistant played the first video and withdrew behind the curtain. The person warned when the video ended, the assistant went out and played the second video, and so on with the three experimental conditions. While performing the entire experiment, the participants were asked not to touch their torso to prevent their hand temperature influencing the areas of interest. Therefore the subjects viewed the videos all alone, but the experimenter and the assistant stayed behind the curtain during the whole experiment.

After the last video the subject was asked to get dressed and talked about the object of the experiment. The total experiment lasted approximately 45 minutes.

The analysis of the images, presented as video without sound, is done by choosing an image from the last 10 seconds of recording for each subject and condition. All conditions were recorded for all subjects by measuring the temperature of both breasts simultaneously.

RESULTS

We made a thermal comparison between the two breasts of each subject, the right (R) and left (L) for each group (men vs. women) in each type of video (N = neutral, E = erotic, P = sexually explicit). It was a 2x2x3 design. Firstly, the data revealed no significant group differences. See Table 2.

Table 2: Temperature values, expressed in average and standard deviations in women compared with men, in both right and left breast, for each of the three experimental conditions of presentation of videos: neutral (N), erotic (E) and pornographic (P).

Group of subjects	Side Breast	N		E		P	
		Average	Standard Deviation	Average	Standard Deviation	Average	Standard Deviation
Women	R	33.84	0.97	34.16	0.75	34.08	0.75
	L	33.9	0.57	34.12	0.76	34.16	0.74
Men	R	33.96	0.72	34.26	1.08	34.1	1.04
	L	33.7	0.71	33.94	1.01	33.82	1.02

None of the comparisons between men and women were significant, although we had some small size effects. The criterion of significance was set for a *Cohen's delta* (d) value. The interpretation of these results is based on statistical significance criteria. However, none of these studies assessed the clinical significance of their results (Zakzanis, 2001). From a clinical perspective, statistical significance might not be a sufficient criterion. In this sense, Cohen proposed that the d (*delta*) statistic might help establishing a clinical decision criterion based on the differences in a variable measured in two groups of participants. Cohen's d is defined as the distance in standard deviation units between the means of two groups. From this statistic, a measure of the degree of overlap between distributions can be obtained (the overlap statistic $OL\%$). A larger value of d implies a lower degree of overlap between distributions. Cohen distinguished between a small effect size ($d=.25$) reflecting an overlap of 82%; a medium effect size ($d=.50$) reflecting an overlap of 66.6%; a large effect size ($d=.80$) reflecting an overlap of 52.6%; and an extra-large effect size ($d=1.25$) reflecting an overlap of 36.25%. In this manner, the overlap between two distributions is inferior to 50% only with large values of d , which prevents to overcome the randomness that occurs when sorting of participants into patients and controls based on their execution on a specific task. Therefore, this statistic is independent of sample size. We consider here significant results for $d>0.5$ (medium effects).

With the previous explained criteria, we cannot assert that the temperature of the right breast in comparison to the left breast was significantly elevated for the group of men or women. Nor can we assert that any condition or video generated a significant difference in the change of temperature of the right breast in comparison to the left breast, either for men or women, in terms of groups. See Table 3.

Table 3: Highest values of the comparisons between groups using the Cohen’s delta, for Left (L) and Right (R) breast on the three conditions, Neutral (N), Erotic (E) and Pornographic (P). All effect sizes are small.

Comparison	Cohen’s <i>d</i> value
Difference of Temp. in the R breast between N and E conditions for Women	0.37
Difference of Temp. in the L breast between N and P conditions for Women	0.4
Difference of Temp. in the L breast between N and E conditions for Women	0.33
Difference of Temp. between R and L breasts in N condition Men	0.36
Difference of Temp. between R and L breasts in E condition Men	0.3
Difference of Temp. in the R breast between N and E conditions for Men	0.4
Difference of Temp. in the L breast in N condition between Women and Men	0.31
Difference of Temp. in the L breast in P condition between Women and Men	0.38

However, individual comparisons between these conditions made in some subjects support some of the hypothesis of this experiment. See in Table 4 and 5 the individual data taken from both breasts for each participant in the three videos conditions, for women and men.

Table 4: Individual values, expressed in average and standard deviation of temperature for the group of women, for each breast (right vs. left) and each experimental condition Neutral (N), Erotic (E) and Pornographic (P)

Women	Subject's Number	N		E		P	
		Average	TD	Average	TD	Average	TD
Right Breast	1	33.5	0.7	33.6	0.7	33.6	0.7
	2	33.8	0.9	33.9	0.8	34.0	0.7
	3	34.4	0.8	35.1	0.6	34.7	0.7
	4	34.6	0.9	34.8	1.0	34.9	0.9
	5	32.9	0.9	33.4	0.7	33.2	0.9
	6	33.7	0.9	34.0	0.8	39.9	0.7
Left Breast	1	33.4	0.7	33.3	0.6	33.4	0.6
	2	33.7	1.1	33.8	1	33.9	0.8
	3	34.7	0.6	35.3	0.5	34.9	0.5
	4	34.4	1.6	34.4	1.8	35.0	0.9
	5	33.3	0.9	33.8	0.6	33.6	0.8
	6	33.7	1	33.9	1	33.9	0.8

Table 5: Individual values, in terms of average and standard deviation of temperature for the group of men, for each breast (right vs. left) and each experimental condition Neutral (N), Erotic (N) and Pornographic (P)

Men	Subject's Number	N		E		P	
		Average	TD	Average	TD	Average	TD
Right Breast	7	34.7	0.7	35.5	0.6	35.3	0.7
	8	34.8	0.4	35.3	0.5	35.1	0.5
	9	33.4	0.6	33.5	0.6	33.3	0.6
	10	33.3	0.7	33.1	0.7	33.0	0.7
	11	33.6	0.7	33.9	0.7	33.8	0.8
	12	33.3	0.6	33.5	0.6	33.4	0.7
Left Breast	7	34.1	0.6	34.9	0.6	34.7	0.6
	8	34.7	0.4	35.1	0.5	35.1	0.6
	9	32.9	0.7	32.9	0.7	32.8	0.8
	10	33.2	0.6	33.1	0.7	33.0	0.7
	11	33.6	0.9	33.7	0.8	33.5	0.9
	12	33	0.7	33	0.7	32.8	0.7

Specifically, two of the women and three of the men participating in this experiment showed significant differences in some of the possible comparisons. The Table 6 shows the Cohen's delta values (1988) for significant comparisons (medium and large effects).

Table 6: Significant individual results using Cohen's d (δ) for the comparisons between the different subjects, between Right and Left breast and between the different conditions: Neutral (N) Erotic (E) and Pornographic (P).

Woman-3	Right breast in N vs E videos	1
	Right breast in E vs P videos	0.61
Woman -5	Right breast in N vs E videos	0.62
	Right vs Left breast in E videos	0.61
Man-7	Right breast in N vs E videos	1.23
	Right vs Left breast in N videos	0.92
	Right vs Left breast in E videos	1.6
	Right vs Left breast in P videos	1.5
Man-8	Right breast in N vs E videos	1.1
Man-9	Right vs Left breast in N videos	0.77
	Right vs Left breast in E videos	1.54
	Right vs Left breast in P videos	1.43

For the subjects Women 3 and 5, the temperature difference in the right breast when viewing erotic video compared with neutral video was significant ($d=1$ and $d= 0.62$ respectively). Regarding other possible comparisons, for one of them it was significant the temperature difference in the right breast in erotic vs sexually explicit conditions, being the erotic condition the most influential one ($d = 0.61$). In this condition and in the case of the other girl for which significant differences have been found, in the erotic condition there are significant differences between the temperature of her right breast and the left breast ($d = 0.61$). In view of these results, we think that the next research should be lead to exploit much more the possibilities of erotic video as stimulus, especially when the participants are women. Women showed greater subjective

pleasure with the erotic video and they indicated that they had not felt the same pleasure with the sexually explicit video.

For the men participating in the experiment, we should pay attention to three of the participants, where the differences of temperature between right and left breast were the most significant: in subjects 7 and 9 we found significant differences calculating the Cohen's delta when comparing the temperature of their breasts in the three conditions. So it can be said that in these cases our hypothesis is satisfied, the right breast reaches a higher temperature than the left breast when aroused (Cohen's delta is large just for erotic and sexually explicit videos). Also in subjects 8 and 9, the temperature difference of their right breast when comparing erotic and neutral conditions is significant (in each subject). This fits perfectly with the data on girls and reinforces our hypothesis that the right breast temperature increases with arousal. In this regard, the difference is more evident in men than in women, as found in 3 of the 6 male subjects in the experiment. Men show greater subjective pleasure with porn video than with erotic video; in total, taking the men and the women of the experiment, this makes the 50% of the subjects. So, although the overall group results are not significant, we can lead our research in this direction.

DISCUSSION

Although we cannot find generalizable data about the differences in the measurement of the temperature of the breast in men and women, there are individual differences and gender differences in physiological arousal when viewing erotic and sexually explicit videos. Not everyone was excited when viewing videos. Men feel it more and more widespreadly (with erotic and sexually explicit videos and perhaps because of the situation) and women are more specific (with erotic videos). Subjective judgments correlate with physiological measure (women feel greater subjective pleasure with the sex tape).

Perhaps women feel uncomfortable with the experimental situation, in particular with the sexually explicit video, and men express lack of interest in erotic tape but it also increases their sexual arousal. Social desirability can influence men and women and the discomfort of the laboratory situation may also affect the capacity to become aroused. However, we believe that this discomfort may have been minimized by the nature of participation in the experiment because the participants knew the researcher assistant (they were friends) and they knew the contents of the experiment. Since there was a personal relationship between participants and helpers it wasn't necessary to match the sex of the helper and the participant, but we needed to

ensure a comfort climate. We also believe that this familiarity minimized the risk of affecting differently to men and women for being topless.

Regarding the procedure, we want to point out some elements that make this experiment different to the previous ones. On the one hand the duration of the video for stimulus, which was 5 minutes, is less than the duration of the video in previous studies (see for example Kukkonen et al. (2007)). But we have considered, based on Rubinsky's experiments in 1987 where presentations lasted 11 minutes, that in 5 minutes over 50% of the excitement of a full sexual response is achieved for both men and women, so we consider this stimuli long enough. Since in those results, the latency difference between men (faster) and women (slower) to achieve sexual arousal was not differentially significant, we considered this time as sufficient for our experiment. Moreover, our procedure did not enter a distracting task between the presentation of the videos, but an interaction with the assistant. We believe that since the contents of the three videos was enough differential, the time of 5 minutes set between each video was enough.

For future researches to improve these investigations additional variables should be considered: the breast size affects the sensitivity, and this can influence the data; the amount of fat or muscle of the breast deserves additional attention (Delvecchyo, 2004); the size of the nipple should also be taken into account, its size is less variable than the breast size, being a secondary excitation zone in both men and women (Levin (2006)).

Our experiment reinforces our previous work, heading the research closer to the psychological factors that influence sex, especially in sexual response. Thermal imaging is emerging as a useful tool in measuring sexual response in a non-invasive way and allows to compare both men and women; so we think that the research with this type of instrument can continue to provide interesting data with genital, groin or breast records. Perhaps we have found the most useful technique for the measurement of sexual response, especially for women, that so far has presented difficulties just because of the differences found when measuring the subjective and psycho-physiological response, complementing other classic devices.

TERMOGRAFÍA Y SINESTESIA

Capítulo 5: On the need to review carefully: Commentary on Cardeña and Marcusson-Clavertz: On the need to compare anomalous experience carefully².

Firstly, we are grateful for the comments on our article (someone has read at least the introduction - further on, we will explain this comment in brackets). Secondly, to justify the title of our reply: given that the title of the article-commentary to which we are replying strikes us as a rebuke and we do not agree with this attitude between equals (peer review), the best response (with sense of humor) seems to us an imitation of its title.

We would like to state that all the criticisms received focus on the theoretical introduction. We will reply to them below, but for the moment we would like to emphasize that the main contributions of our work are empirical: to present a type of person-colour synaesthesia and its heterogeneity -more in keeping with the concept of ideaesthesia (Nikolic, 2009)-. It lends weight to a task of the Stroop type and its variations that we used back in 2007 (M. Hochel, et al., 2007) to depict person-color synaesthesia. To try and bring empirical evidence to a speculative comparison conducted in news media and text books by scientists like Cytowic, Ramachandran or Ward and in esoteric texts on the energy aura but that no one has evaluated in an empirical way: that person-colour synaesthesia and the energy aura are related phenomena. Lastly, to underline our conclusions on the behavioural and subjective similarities and differences between the two phenomena. We also suggest that mirror-touch synaesthesia is the real emotional synaesthesia instead of person-colour synaesthesia and that mirror-touch synaesthesia can be related to healing by laying on of hands (it is probably our next paper: It does not matter too much if the "hand power" comes from Reiki or if it is a natural gift to read a previous life or a learning skill to produce emotional balance. However we will describe the origin of each case and the relationship with synaesthesia). The authors have not given their opinions on any of this, either in positive or negative terms.

² En estudios previos (Milán, et al., 2012; Milán, Salazar, & Tornay, 2006) hemos desarrollado tareas conductuales tipo stroop como marcadores de sinestesia. Éstas tareas han sido de utilidad para el estudio de algunos tipos de sinestesia de baja frecuencia, como la sinestesia tipo auras o la sinestesia tacto-espejo aunque no sin controversia, como vemos en este primer capítulo. Para un conocimiento más extenso de la sinestesia, léase en primer lugar capítulo 6.

We would also like to draw attention to the dissemination of the article in the press, where conflicting statements have been made: The authors show the real existence of the energy aura. The authors show that holy men lie. The authors say that those who claim to see an aura have a mental illness called synaesthesia. The authors say that those who claim to see an aura have a super-power called synaesthesia... Of course, these conclusions are not in the article nor even suggested in it. They correspond to readers' interpretations, possibly not of the article but of press commentaries, according to their standpoints in favor of or against occult forces, that is to say, their prejudices. We, the authors, have never said that synaesthesia is an illness or a power, nor have we demonstrated that anyone is, strictly speaking, lying or telling the truth; we have never claimed such things.

Therefore, we would like to draw attention to the original aims of the article's authors, our intentions in writing it. The authors' intention (our thesis) is very important because it affects the whole plan for the article, his selection and use of the bibliographical review, the task chosen, etc. It is clear that our intention and that of our critics is different: you only have to look at the key words they chose. Our original article does not focus on mental health nor on hypnosis, nor on other altered states of consciousness (a term we in any case dislike) nor on parapsychology. The process of peer-review often eliminates or diminishes these intentions under the conditions of acceptance which can, in turn, be accepted or not by the author. In the review of our article, it was suggested to us that we should not be so neutral with respect to the energy aura; however, it was never in our minds to establish the truth or falsity of it. Rather to establish whether the origin of certain human beliefs (in this case the energy aura, but it would be valid for the laying on of hands or for a superhero power) has an empirical and/or cerebral basis (person-colour synaesthesia, touch-mirror synaesthesia or being a hero), although other factors exaggerate or distort them. It is obvious to a scientist that not obtaining an aura-Stroop effect for the energy aura does not demonstrate that it is false. In any case, synaesthesia research itself has, for the last ten years, been immersed in this dynamic of showing the subjective in order to avoid deception. This has led to the problem of the current definition of synaesthesia (Simner, 2012) and to the relative value given to subjective, behavioural and cerebral image evidence as proofs of veracity, converting a phenomenon of interest for its subjective character and its relation to qualias into a neuropsychological phenomenon, in line with the spirit of the times (Legrenzi, et al., 2011).

This dissertation brings us to the main criticism of our article: that it is an article written from the field of research into synaesthesia and from an ignorance of parapsychology. This

criticism is in part correct; the study was deliberately carried out in this way. In our team there are members interested in parapsychology, such as Oscar Iborra and Luis Pastor, and others such as Emilio Gómez at best sceptical. The first two authors have knowledge of scientific parapsychology and warned the senior author (Emilio Gómez) of this criticism, but he took the decision to go from the known field of research (synaesthesia) to the unknown (parapsychology) without any knowledge beyond popular wisdom. It is the attitude that this author understands to be correct when one wishes to offer a fresh and macroscopic point of view on a phenomenon, even if it might generate anger in experts on the topic who do not recognise its theoretical, conceptual and empirical structure. That was not our objective. Our conception of science does not always lead us to place one more brick on the building but rather to be bold with our intuitions and submit them to the scientific method. Only then someone is interested in their publication or not. We gladly pay a price for this, for doing the science we want.

The starting affirmation was based on a premise not shown to have been conducted at this level: that the energy aura of healers has something to do with synaesthesia. All the terminological differentiation belonging to the field of parapsychology was useless to make this comparison starting from synaesthesia. The authors respect scientific parapsychology (how could it be otherwise?) and keep an open mind on what science can study (or try to study) with more or less success (to us this seems secondary), but this discrimination turns out not to be useful for the empirical comparisons to be carried out, nor do the authors of the review explain its functional value for our investigation beyond respect for the corpus of parapsychological knowledge, which is not our field of study, except that they confuse an object of study (energy aura – synaesthesia) with a mode of studying it and believe it belongs to them. The participants who practised energy healing came from very different cultural traditions and training, just as did our person-colour synaesthetes. We were looking for broad generic labels that they themselves accepted and even suggested to us. The definition of mysticism offered by the authors of the criticisms on which we are commenting encapsulates perfectly the type of experience described by some of our participants (Esteban de Baza overall) and it is a term that some of them used to describe it. The same happens with a very broad label such as 'new age'. At no time have we theorised on those topics that do not concern us. We are not interested in going any further than to affirm that they can heal people by seeing and treating their energy auras and believe they have a gift. In the study we explained their diverse origins and how or where we contacted them. As with the synaesthetes then, the outcome could be anything: that they are liars or deceiving themselves, that they have synaesthesia or a gift other than synaesthesia, natural or learned from different traditions. For this

reason we cite the name of Esteban de Baza, who turned out to be the healer of most interest to us. In the same way that it makes sense to talk of intelligence although there are multiple intelligences not always related between them, one talks of attention or executive function although they may be multiple (energy aspects, sensorial filters, cognitive flexibility...). I remember once many years ago when I went to an Italian laboratory, to give a speech on the attentional spotlight, based on the pre-motor theory (Sheliga, Riggio, & Rizzolatti, 1994) and they told me it was more correct to talk of multiple pragmatic maps and that spotlight was a word without foundation. Perhaps the expression 'spotlight' is a macroscopic metaphor and could be deconstructed into multiple microscopic pragmatic maps, or we are talking about different metaphors, areas and topics but depending on the field from which it proceeds, the theoretical framework and the level of analysis are valid. Synaesthesia has a definitional problem: there are many sub-types, such as person-colour synaesthesia. This in turn is more heterogeneous than expected, as our data show. The same could occur with the energy aura but our field is not parapsychology but synaesthesia and the authors of the empirical comparison were ourselves with our original intentions (empirical and macroscopic) in this order: 1) to gain a deeper knowledge of person-colour synaesthesia and 2) to find out if individuals with different esoteric beliefs who use the aura for healing are synaesthetes of this type. In any case, we would like to thank the authors for all their clear and without discussion terminological explanation (we would like to have the same clear-cut concepts in synaesthesia than in parapsychology). For us it is pretty clear that our positions in philosophy of science and philosophy of mind are different that the positions of Cardeña and Marcusson-Clavertz.

Lastly, there is a series of minor criticisms to the theoretical introduction that its authors describe in more or less such a way and which, therefore, are a mere subjective issue that is not worth commenting on or registering in writing, such as the modifiability of synaesthesia in hypnosis and meditation. The article is not about hypnosis or meditation, nor altered states of awareness, therefore the space dedicated to these results is minimal. We could contribute new data on the effect of hypnosis to make synaesthesia appear or disappear, for example those of Fuentes et al. (2007) but other authors might criticise us by saying that idiopathic synaesthesia is different to that induced in some way and the comparison is not pertinent. Our introduction is merely a list, which we try to make exhaustive, of possible connections (strong or weak ones) and preliminary similarities between energy aura and synaesthesia, of greater or lesser depth, anecdotal, scientific or simply suggested and cited in information books. We could call it the previous state of the issue as we, from our viewpoint, found it when we started our investigation.

The authors do not in any case state that our flawed review compromises our study or affects our conclusions. They only seem to demand purity in the descriptions, as if these were objectives and were not subordinate to the aim of the article, which is what is important (hypnosis figures little in the cited aim and does not therefore require a meticulous or detailed description. For its role in this article we could equally well have cited Fuentes' study).

We would, however, like to respond to the following erroneous affirmation: We are told that by using the CAPE questionnaire, we are (in a veiled way, I suppose, as we have never done so explicitly) stating that the mental health of readers of the energy aura is questionable. This is not our intention, the scores obtained are as they are and their interpretation does not oblige us to say anything about mental illness. We use this questionnaire regularly (along with others) with our students of Psychology, in practices and for research, and obtain participants with high scores, whose mental health we do not doubt. We then study the relationship with intelligence, creativity, ticklishness or jokes, green (risqué), black (dark) or white (clean). Healthy people often show poorly-defined boundaries between imagination and reality without this bringing with it a diagnosis of schizophrenia or mental illness, in the same way that major and sub-clinical depression and sadness exist (Fonseca-Pedrero, et al., 2011). The schizotypy can be considered subjectively to be a complex personality trait, desirable or not, but is not a clinical diagnosis. If it was invented with this end in mind, half the student alumnus of the Faculty of Psychology would have to be given therapy. Of course, in the future we will use other tests such as the measure of imaginative intensity or Jumping to Conclusions, which have also been used in schizophrenia but do not carry with them clinical judgements; they are merely tasks (Rubio, et al., 2011). But for a first article, it seemed to us a measure that allowed us to distinguish the interpretative framework (if there was more than one interpretation) of a single phenomenon (if they turned out to be the same phenomenon) as occurs similarly between lucid dreams and certain out-of-body experiences where it is possible that the boundaries, vague for anyone if we assume that seeing is contrasting hypotheses between the mind (hypothesis) and reality (the data), is what marks the interpretation (Levitan & LaBerge, 1991).

Capítulo 6: Tres casos de sinestesia a través de la termografía: la experiencia subjetiva del tacto a estudio

En este artículo utilizamos la técnica de la termografía como un marcador somático de la sinestesia tacto-espejo. Realizaremos un breve recorrido por el estudio científico reciente de la sinestesia como ejemplo de estudio de las relaciones entre cualías y cerebro. Se someten a estudio tres casos mediante la tarea de Banissy y Ward (2007), y en dos de ellos se localizan indicios de cambios de temperatura durante la sensación sinestésica. Nuestra conclusión es que se puede emplear la termografía como marcador somático en este tipo de experiencias.

La sinestesia es una experiencia perceptual involuntaria en la que una persona experimenta sensaciones en una modalidad sensorial cuando se estimula otra modalidad sensorial diferente (V.S. Ramachandran & Hubbard, 2001). La experiencia sinestésica se denomina concurrente y el estímulo que lo desencadena, inductor (Grossenbacher & Lovelace, 2001). Los concurrentes se corresponden con rasgos perceptuales básicos tales como el color, las texturas y formas visuales simples, las sensaciones táctiles, etc. (R. E. Cytowic, 2002), aunque también existen casos de sinestias más complejas, donde el concurrente experimentado es similar a un aura de color (Milán, et al., 2012). Recientemente, se ha generado un debate en torno a este tipo de sinestesia tipo aura (Iborra, et al., 2012) y su relación con el aura esotérica donde los autores sugieren una relación entre la sinestesia tacto-espejo y la sanación por medio de la imposición de manos. En todo caso, la sinestesia es un ejemplo prometedor de la relación entre cualías y actividad cerebral (V.S. Ramachandran, 2012).

Respecto a los inductores, hay una amplia variedad: características físicas, significado, etc. (Myles, Dixon, Smilek, & Merikle, 2003). Ciertos conceptos como por ejemplo los días de la semana pueden inducir sinestesia cuando los sinéstetas piensan en ellos, los oyen o los leen (Sagiv & Ward, 2006) y más de la mitad de los sinéstetas experimenta sinestesia a través de más de una modalidad sensorial (Day, 2005). Se asume que la condición más frecuente es la sinestesia inducida por estímulos léxicos (números, letras, palabras) (Baron-Cohen, Burt, Smith-Laittan, Harrison, & Bolton, 1996; R. E. Cytowic, 1993; Day, 2005). Sagiv y Ward (2006) señalan que las formas numéricas y las descripciones espaciales de tiempo son más comunes que las sinestias que implican visión, tacto, sabor, olor o sonidos. Las estimaciones de prevalencia varían según

estudios: Baron-Cohen y cols. (1996) señalan una incidencia de 1 en 2.000, con mayor proporción (6:1) de casos en mujeres y sugiere la existencia de una base genética. Cytowic (1989) establece una prevalencia de 1:20.000. En definitiva, existe un número elevado de inductores y concurrentes y de relaciones múltiples entre ellos. En la actualidad se discute sobre la definición de sinestesia, dada su heterogeneidad, como sinestesia (mezcla sensorial), ideaestesia (mezcla sensorio-conceptual) o kinetoestesia (Iborra, et al., 2012).

Algunas de las características principales de la sinestesia son: 1. las asociaciones entre inductor y concurrente son idiosincráticas y sistemáticas: las asociaciones de un sinésteta no tienen por qué coincidir con las de otro sinésteta, aunque tenga el mismo tipo de sinestesia; 2. la sinestesia es involuntaria y automática: el concurrente aparece siempre ante el inductor que lo evoca, y no puede eliminarse, ignorarse o manipularse (R. E. Cytowic, 2002); 3. es consistente y duradera: la consistencia entre inductores y concurrentes en un sinésteta es de enorme consistencia a lo largo del tiempo (Baron-Cohen, Wyk, & Binnie, 1987; Dixon, Smilek, Cudahy, & Merikle, 2000; Mattingley, Rich, Yelland, & Bradshaw, 2001); 4. existe un componente emocional en la experiencia sinestésica que es muy relevante para los propios sinéstetas; este componente emocional va ligado a los concurrentes experimentados, y puede ser, en general, de tipo agradable o desagradable (R. E. Cytowic, 2002): cuando la percepción sinestésica es incongruente con la realidad externa, la sinestesia va acompañada de una emoción negativa y teniendo en cuenta este componente emocional, se han planteado modelos explicativos que engloban estructuras emocionales.

Martino y Marks (2001) proponen diferenciar entre sinestesia fuerte y sinestesia débil. La idea es distinguir asociaciones de modalidad cruzada, propias del lenguaje y la metáfora (sinestesia débil) de la sinestesia que venimos considerando hasta ahora, con un concurrente claramente sensorial (sinestesia fuerte o ideopática).

Existen diversas clasificaciones propuestas para la sinestesia fuerte, en función de si se centran en la naturaleza del inductor, la naturaleza del concurrente, si ambos pertenecen o no a la misma modalidad sensorial, etc.

Day (2005) propone dos grandes categorías generales de sinestesia: sinestesia cognitiva (en la que el inductor posee un significado simbólico, como en el caso de los grafemas, nombres, días de la semana, etc.) y sinestesia básica (inductor y concurrente son estímulos o experiencias sensoriales).

Hubbard y Ramachandran (2005) diferencian entre sinéستetas inferiores y superiores. En los sinéستetas inferiores el concurrente sería evocado por los rasgos perceptuales del estímulo inductor. En los sinéستetas superiores el concurrente surgiría en respuesta a aspectos más abstractos que son procesados en áreas cerebrales diferentes.

EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO

Los sinéستetas poseen habilidades cognitivas y niveles de activación cerebral normales, exceptuando la activación elevada en áreas cerebrales que corresponden a la experiencia sinestésica particular (Blakemore, Bristow, Bird, Frith, & Ward, 2005; Anina N Rich, et al., 2006). Su ejecución en diversos dominios cognitivos es similar a la de los no sinéستetas (Beeli, Esslen, & Jancke, 2005; Cohen- Kadosh & Henik, 2006; Edquist, Rich, Brinkman, & Mattingley, 2006; Mattingley, et al., 2001) y la incidencia de enfermedad mental o déficits neurológicos entre sinéستetas es la misma que en la población normal (A. N. Rich, Bradshaw, & Mattingley, 2005). Prácticamente todos los estudios apuntan en la importancia del área de procesamiento del color (V4/V8) en relación con la sinestesia grafema-color. Algunos estudios muestran que la experiencia sinestésica llega a ser menos automática, tras la estimulación del área parieto-occipital derecha del cerebro de sinéستetas grafema-color, aplicando estimulación magnética transcraneal (TMS) (Esterman, Verstynen, Ivry, & Robertson, 2006; Muggleton, Tsakanikos, Walsh, & Ward, 2007). Esta área es una región que participa en la integración multisensorial en personas no sinéستetas.

Existen diversos modelos explicativos, pero para resumir hablaremos de los dos modelos principales en torno a los cuales se organizan los demás, y que representan dos puntos de vista opuestos.

1. Modelo de activación cruzada. Hubbard y Ramachandran (2005) proponen un modelo de interconexión local que implica una comunicación neural anómala, responsable de experimentar la segunda sensación sinestésica. Proponen que la sinestesia grafema-color la causa una activación cruzada entre ambas áreas (grafema visual – color). Esta conexión anómala sería el resultado de un proceso de poda axónica defectuoso (Baron-Cohen, Harrison, Goldstein, & Wyke, 1993). En apoyo a esta idea, existen resultados que muestran que los niños muestran potenciales visuales evocados a estímulos auditivos (Maurer, 1997). Los autores se apoyan en datos de neuroimagen sobre la implicación de V4 en la experiencia de sinestesia léxico-cromática, y el hallazgo en fetos de macacos de conexiones anatómicas entre áreas ínfero-temporales y V4 (Kennedy, Batardiere, Dehay, & Barone, 1997). Ramachandran y Hubbard (2001) afirman que su modelo puede explicar

por qué una persona puede experimentar varias sinestesias, ya que el fallo de poda axónica puede ocurrir en varios niveles en algunas personas.

2. Desinhibición del feedback cortical: Esta teoría no propone conexiones neurales anormales, sino que defiende que la sinestesia se produce por conexiones neurales que existen también en cerebros de personas no sinéttetas: en algún momento determinado del procesamiento de la información sensorial, la información se propaga “hacia atrás” desde áreas de convergencia del cerebro que reciben señales de múltiples vías. Esta información volvería a áreas de procesamiento temprano, tales como V4. En población normal, estas señales de retroalimentación están lo suficientemente inhibidas para evitar anomalías en el proceso de percepción, pero en sinéttetas, la información que entra en estas áreas de convergencia a través de la vía sensorial del inductor podría propagarse hacia abajo, hacia la vía del concurrente, a través de la desinhibición de estas señales de retroalimentación (Grossenbacher & Lovelace, 2001). En términos de inducción de sinestesia, esto implicaría conexiones horizontales entre vías. A favor de este modelo que propone conexiones normales están: la capacidad de las sustancias alucinógenas para inducir experiencias sinestésicas en no sinéttetas (Grossenbacher, 1997) o la aparición de experiencias sinestésicas tras periodos de meditación (Walsh, 2005).

SINESTESIA TACTO-ESPEJO

La sinestesia tacto-espejo es un tipo de sinestesia en el que las personas experimentan una sensación de tacto cuando ven a otra persona siendo tocada. Esa sensación puede experimentarse en el mismo lugar del cuerpo en que la persona observada está siendo tocada (correspondencia anatómica) o en el lugar opuesto, como si fuera el reflejo en un espejo (correspondencia contralateral)(Banissy, Kadosh, Maus, Walsh, & Ward, 2009) Para algunos investigadores se trata de una forma de sinestesia que sólo se da en casos de extrema empatía y es más frecuente de lo que pueda pensarse (Banissy & Ward, 2007). No obstante, la sinestesia tacto-espejo comparte bases comunes con otros tipos de sinestesia en lo que respecta a fenomenología, automaticidad y fiabilidad (Banissy, et al., 2009).

En ocasiones esta sinestesia se produce ante la observación de estímulos dolorosos (Bradshaw & Mattingley, 2001; Giummarra & Bradshaw, 2009; Giummarra, Gibson, Georgiou-Karistianis, & Bradshaw, 2008). Según Banissy y cols. (2009) con este tipo de estímulos, la respuesta es distinta y más intensa que cuando se trata de estímulos no dolorosos. El estudio de Blakemore y cols. (2005) compara la actividad cerebral de un sinétteta, C, con sinestesia tacto-

espejo con un grupo de sujetos no sinéstetas, mientras observan, todos ellos, a gente y objetos siendo tocados. El estudio centra su atención en los sistemas neurales asociados con observar tocar. Los resultados del fMRI demuestran que en los no sinéstetas se activan varias regiones incluidas córtex somatosensorial primario y secundario, que se activan al observar tocar a alguien (frente a un objeto). Las activaciones somatosensoriales ante la observación del tacto estarían organizadas somatotópicamente siguiendo el homúnculo sensorial clásico en SI o BA1 (Disbrow, Roberts, & Krubitzer, 2000). En los sujetos no sinéstetas hay activación somatosensorial inducida por la observación, pero esta era significativamente mayor en C, que sentía la estimulación táctil observada en su propio cuerpo. Además, C mostraba mayor activación que el grupo no sinésteta en el córtex premotor y la ínsula durante la observación de tocar a otra persona.

La idea de que la sinestesia tacto-espejo se deba a una mayor sensibilidad en las mismas redes neurales de los no sinéstetas, tiene datos a favor, de modo que en no sinéstetas la observación del tacto causaría activación neuronal por debajo del umbral necesario para la experiencia consciente percibida (Blakemore, et al., 2005), mientras que en sinéstetas esta percepción parece estar por encima del umbral de la percepción consciente (Banissy & Ward, 2007).

Banissy y col. (2009) proponen un modelo de sinestesia tacto-espejo (modelo “what, who, where” o “qué, quién, dónde” en castellano), en el que se dividen los mecanismos subyacentes en procesos implicados en identificar el estímulo visual tocado (“qué”) discriminar entre el yo y la otra persona (“quién”) y localizar dónde, en el cuerpo y en el espacio, tiene lugar la acción de tocar (“dónde”). El modelo identifica conexiones potenciales entre procesos comunes a todos, en sinestesia tacto-espejo contralateral y anatómica. Es un modelo especulativo que incluye al sistema de neuronas espejo. Estudios anteriores de este autor con fMRI (2005) muestran un aumento en la activación en BA1, BA2, córtex premotor y activaciones adicionales en la ínsula anterior bilateral. En humanos, el Surco Temporal Superior o STS se activa en especial por movimientos faciales (Puce, Allison, Bentin, Gore, & McCarthy, 1998; Wicker, Michel, Henaff, & Decety, 1998) y también cuando los sujetos observan acciones humanas y movimiento biológico (Grèzes, et al., 2001; Grossman, et al., 2000) y puede formar parte del sistema espejo (Rizzolatti, Fogassi, & Gallese, 2001).

La ínsula anterior tiene conexiones tanto con la corteza somatotópica y áreas de asociación visual (Mesulam & Mufson, 1982; Mufson & Mesulam, 1982). Esto ofrece la posibilidad de que la activación de esta región pueda explicar esta sinestesia, en términos de mecanismos de

desinhibición o hiperconectividad. Además, esta región es importante en el procesamiento de las consecuencias afectivas del tacto (Craig, 2002). Por otra parte, el córtex premotor (especialmente en su parte ventral) tiene propiedades espejo (Gallese, Fadiga, Fogassi, & Rizzolatti, 1996) bien exploradas en monos, y en la última década en humanos, como muestra el estudio de Blakemore y cols. (2005) donde el STS y cortex premotor se activan más cuando el sujeto ve tocar a un ser humano que al tocar a un objeto. Observar acciones conduce a activación somatotópica del cortex premotor (Buccino, et al., 2001) y se encuentran evidencias de que las áreas espejo en humanos son selectivas para el movimiento biológico (Tai, Scherfler, Brooks, Sawamoto, & Castiello, 2004). Diversos estudios muestran cómo regiones comunes se activan por la experiencia y mera observación de disgusto (Wicker, et al., 2003), expresiones faciales de emoción (Carr, Iacoboni, Dubeau, Mazziotta, & Lenzi, 2003), dolor (Singer, et al., 2004) y tacto (Keysers, et al., 2004). En resumen, dada la existencia de sistemas espejo en varias modalidades incluyendo la acción, emoción y dolor, se ha sugerido que existe un sistema espejo similar para la observación del tacto (Banissy, et al., 2009).

Parece que la sinestesia tacto-espejo ocurre en personas de alta empatía ante la observación del tacto o estímulos dolorosos que afectan, sobre todo, a seres humanos más que a objetos. Tenemos marcadores conductuales, subjetivos y de imagen cerebral de la sinestesia tacto-espejo, pero no marcadores somáticos o fisiológicos. Nuestro objetivo actual es contribuir a la obtención de los mismos con el uso de la termografía.

La imagen térmica de un cuerpo humano es simétrica en ambos lados, al menos en la línea de base y si no existen anomalías (por ejemplo un cáncer de mama) o un dolor muscular (Bostock, Campero, Serra, & Ochoa, 2005; Sherman, Karstetter, Damiano, Evans, & Aurora, 1994). Nuestro objetivo es comprobar si la observación de estímulos dolorosos y/o táctiles induce una asimetría corporal en el termograma del observador, si la localización de la misma es anatómica o especular respecto al lugar donde se produce la estimulación en el sujeto observado y si esta asimetría térmica sólo ocurre en participantes de alta empatía.

METODO

Aparatos. Cámara termográfica ThermoVision A320G Researcher Infrared Camera, con una sensibilidad de 0.07 a 30° C de diferencia. Se trabajó con un rango entre 19ª C y 38° C (este rango entra dentro de la sensibilidad de la cámara). La cámara estaba situada sobre un trípode, a una altura de unos 110 cm del suelo manipulable para poder captar todo el cuerpo de las

participantes. La cámara se situaba a unos 100 a 120 cm de las participantes. Siempre se usó el enfoque automático del que dispone la cámara. Para captar la señal se empleó un PC portátil con el programa Researcher TermaCAMP 2.9, el software que permite una grabación continua durante la medida en cada condición, con un intervalo de 8 frames por segundo.

El experimento se desarrolló en una sala cerrada, de unos 40 m², que disponía de un vestuario anexo. La cámara termográfica, el ordenador y el experimentador se situaban en medio de la estancia, con el objetivo enfocado hacia la participante. La temperatura de la sala, medida con termómetro externo, se encontraba entre los 23 y los 25,5° C, y no se necesitaba aparato refrigerador para mantenerla: se trataba de un semisótano donde se mantiene una temperatura prácticamente constante durante un mismo periodo estacional. La humedad marcada era del 50%.

Para medir la empatía se utilizó el test TECA (López Pérez, Fernández Pinto, & Abad, 2008), que arroja valores generales y en cuatro subescalas: Adopción de Perspectivas (AP) que obedece a la capacidad de uno mismo para ponerse en el lugar de otro (como si estuviéramos en tercera persona); Comprensión Emocional (CE) que muestra la capacidad para comprender las emociones, intenciones e impresiones de los otros (como si fuera en primera persona); Estrés Empático (EE), o la capacidad para sintonizar con las emociones negativas de otros; y la escala Alegría Empática, que habla de la capacidad para sentir las emociones positivas de otros.

Participantes. Estudiamos a tres personas con sinestesia tacto-espejo potencial: sujeto C, sujeto A, y sujeto M. Los sujetos C y A fueron seleccionados de entre grupos de compañeros de clase en la Facultad de Psicología de la Universidad de Granada, en función de la cualidad de su experiencia y su alta puntuación en el test de empatía que realizaron todos los miembros de los grupos. Creemos que ambas condiciones deben co-ocurrir para hablar de sinestesia tacto-espejo. Disponemos de participantes control, sin experiencia subjetiva de contagio del tacto o dolor pero con alta empatía, y de personas con la experiencia-subjetiva pero de baja empatía.

La participante M ha colaborado antes con los investigadores (Milán, et al., 2012), por lo que es seleccionada por las características de su experiencia subjetiva, donde la temperatura es un concurrente del inductor persona (sinestesia tipo aura). Además, obtiene una puntuación media en el test de empatía. Tradicionalmente, se considera que el valor emocional es una característica de la sinestesia, pero la carga emocional de la experiencia sinestésica es variable. No es igual en sinestesia grafema-color, donde debe darse una incongruencia para elicitar una emoción de desagrado (Matej Hochel & Milán, 2008), que en la sinestesia tipo-aura, antes denominada

sinestesia emocional (Ward, 2004) hasta que Milán y cols. (2012) mostraron que no lo era necesariamente, reservando el término de sinestesia emocional para la sinestesia tacto-espejo. En este estudio comprobamos en qué caso, si la sinestesia tipo aura o la sinestesia tacto-espejo, ocurre un cambio térmico ante la observación de estímulos con valor emocional. Describimos a continuación a nuestros participantes con mayor detalle, uno a uno, así como su estudio térmico individualizado.

RESULTADOS

1. El caso C

Mujer, estudiante de psicología, 22 años. Experimenta diferentes tipos de sinestesia tacto-espejo, tanto ipsilateral o anatómica como contralateral o especular. Afirma que cuando ve a alguien tocarse o ser tocado en la parte derecha del cuello, siente la misma sensación de tacto en su parte izquierda del cuello y viceversa; cuando ve tocar la mejilla izquierda, siente la sensación de ser tocada en el cuello derecho; cuando ve tocar la mejilla derecha, siente ser tocada en cuello y mejilla derecha. Es decir, su sinestesia se vincula al tacto, es especular para el inductor “observar tocar el cuello de otra persona” y anatómica para la mejilla (al menos en el lado derecho) aunque muestra una confusión anatómica entre cuello y mejilla en la sensación subjetiva de tacto fantasma.

Los resultados del test de empatía indican que posee una empatía extremadamente alta (puntuación total en percentiles: 98, AP: 97, CE: 90, EE: 95; AE: 99), siendo la persona que obtiene mayor puntuación de su grupo. Ver la tabla 1. De todos los sujetos que componen el grupo, es la única con empatía extra-alta, medida que tomamos como referencia de la experiencia subjetiva de sinestesia tacto-espejo. No obstante, una participante de baja empatía (la número 2) también indica una experiencia subjetiva de contagio del dolor que es física. No presentamos los datos para subcomponentes del TECA pues no resultaron relevantes. C puntuaba extra-alto en todos ellos.

Tabla 1: puntuación total en empatía (TECA) de todos los componentes del grupo al que pertenece el participante C. Su puntuación aparece resaltada en rojo (primera fila). EA=extra-alta; A=alta; M=media; B=baja; E-B=extra baja.

SUJETO	PERCENTIL	SIGNIFICADO
1	98	EA
2	97	EA
3	97	EA
4	97	EA
5	97	EA
6	95	EA
7	95	EA
8	70	A
9	85	A
10	70	A
11	70	A
12	90	A
13	90	A
14	70	A
15	60	M

SUJETO	PERCENTIL	SIGNIFICADO
16	55	M
17	40	M
18	50	M
19	53	M
20	30	B
21	30	B
22	30	B
23	30	B
24	20	B
25	30	B
26	25	B
27	30	B
28	30	B
29	25	EB

Termograma: Realizamos varios registros con la cámara termográfica en cuatro condiciones diferentes. Cada condición corresponde al tipo de acción que C está viendo en un monitor de ordenador. Los vídeos que se muestran corresponden a una persona (de igual género, similar edad y apariencia física a C) que es tocada por el experimentador en el cuello derecho, en el cuello izquierdo, en la mejilla derecha y en la mejilla izquierda, respectivamente. Estas zonas están previamente delimitadas como puntos de contacto del tamaño de la yema del dedo y dibujadas tanto en observador como en observado con rotulador permanente en las mismas zonas del cuello o la mejilla, para facilitar la acción de tocar del experimentador y la zona de análisis del registro térmico (ejemplo en figura 1). En el análisis de resultados, los registros de las mejillas sirven de control para los registros del cuello y viceversa. Las zonas de análisis son mayores que las señaladas: para el cuello, se analizan dos cuadrados de 16 cm² desde la nuez hacia el lado izquierdo y desde la nuez hacia el lado derecho, que incluyen como centro el punto de contacto. Para las mejillas se analizan, en cada mejilla, una zona circular de 9 cm² aproximadamente cuyo centro es el punto de contacto.

Condición observar tocar el cuello. Para el análisis de la condición “cuello” realizamos un promedio de los datos obtenidos en las dos condiciones (viendo tocar cuello izquierdo y viendo

tocar cuello derecho). Realizamos un análisis de la condición ipsilateral (temperatura en la parte izquierda del cuello del observador al observar a otra persona ser tocada en su lado izquierdo del cuello y temperatura en la zona derecha del cuello del observador al ver cómo otra persona es tocada en la zona derecha del cuello) frente a la condición contralateral (análisis de la zona izquierda del cuello del observador cuando ve a otra persona ser tocada en la zona derecha del cuello y del área derecha del cuello del observador cuando ve a otra persona ser tocada en la zona izquierda del cuello). Ver figura 1 y tabla 2.



Figura 1: Imagen termográfica de C en la condición “observar tocar cuello”, con las zonas seleccionadas para el análisis de temperatura al final de la grabación.

Tabla 2: temperatura media (Avg) y desviación estándar (St.d) de cada zona seleccionada durante el periodo de grabación de la condición “observar tocar cuello”. Ipsi=ipsilateral, Contra=contralateral.

Zona	Avg	St.d
Cuello ipsi	36,1	0,3
Cuello contra	35,8	0,2
Mejilla ipsi	35,0	0,5
Mejillacontra	34,8	0,2

Los resultados muestran una diferencia significativa extra-grande (*delta* de Cohen (1988)=1.2) en la temperatura del cuello en la condición ipsilateral frente a la condición contralateral. La

diferencia de temperatura en las mejillas, ipsilateral versus contralateral, no resultó significativa ($d= 0.5$).

Condición observar tocar mejillas. En el análisis de las mejillas, no podemos promediar los datos para la mejilla izquierda y derecha, dado que la experiencia subjetiva ligada a ambas mejillas es diferencial.

Condición Ver tocar la mejilla izquierda. Ver la tabla 3 con los datos térmicos de media y desviación típica.

Tabla 3: temperatura media (Avg) y desviación estándar (St.d) de cada zona seleccionada durante el periodo de grabación de la condición “ver tocar mejilla izquierda”

Zona	Avg	Stdev
Cuello derecho	35.9	0.3
Cuello izquierdo	35.6	0.2
Mejilla derecha	34.8	0.4
Mejilla izquierda	35.1	0.5

En este caso, existe una diferencia significativa entre zona derecha e izquierda del cuello ($d=1.2$). La temperatura de la zona derecha es mayor, de acuerdo con la experiencia subjetiva de la participante. Se observa un tamaño del efecto pequeño para el cambio de temperatura entre ambas mejillas ($d=0.66$). Ver figura 2.

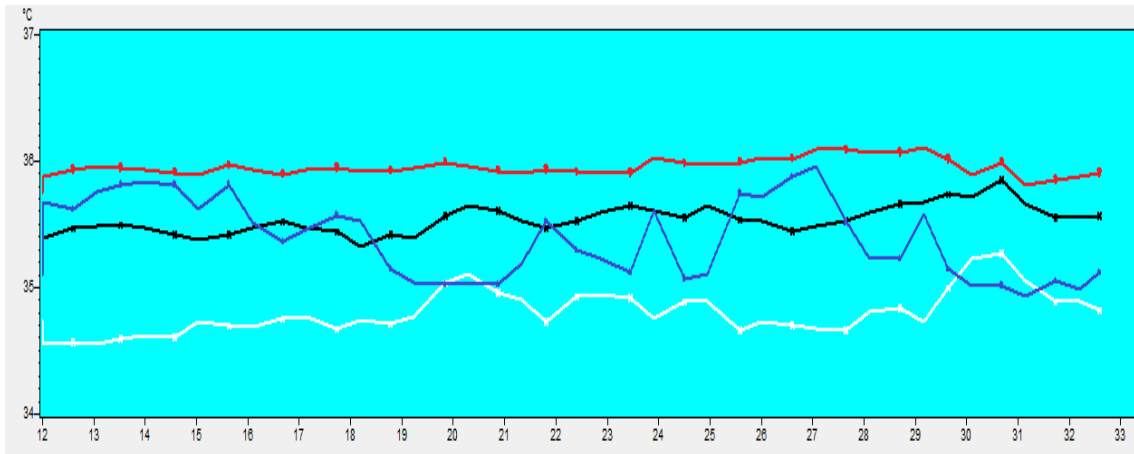


Figura 2: Variaciones de temperatura durante la condición “ver tocar mejilla izquierda” de la participante C a lo largo del periodo de grabación: blanco (mejilla derecha), azul (mejilla izquierda), rojo (cuello derecho), negro (cuello izquierdo).

Condición Ver tocar la mejilla derecha. Ver tabla 4 con los datos térmicos.

Tabla 4: temperatura media (Avg) y desviación estándar (St.d) de cada zona seleccionada durante el periodo de grabación de la condición “ver tocar mejilla derecha”

Zona	Avg	Stdev
Cuello derecho	35.9	0.3
Cuello izquierdo	35.9	0.2
Mejilla derecha	35.3	0.8
Mejilla izquierda	34.9	0.2

Sólo se observa una diferencia significativa entre mejilla izquierda y derecha ($d=0.8$), siendo mayor la temperatura en la zona derecha de la cara, lo que coincide con la experiencia subjetiva del sujeto. No hay diferencias térmicas entre las zonas del cuello. Ver Figura 3.

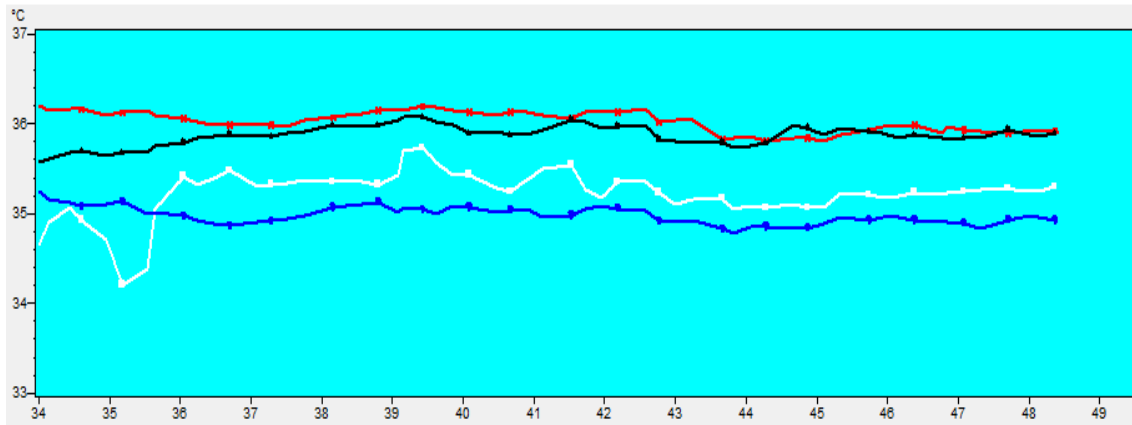


Figura 3 Variaciones de temperatura durante la condición “ver tocar mejilla derecha” (para participante C) a lo largo del periodo de grabación: blanco (mejilla derecha), azul (mejilla izquierda), rojo (cuello derecho), negro (cuello izquierdo).

Por último, analizamos los cambios térmicos ante estímulos táctiles (los mismos videos utilizados para C) o dolorosos (imágenes del IASP sobre dolor para los otros participantes con alta empatía pero sin experiencia subjetiva del tipo sinestesia tacto-espejo y para la participante de baja empatía pero con experiencia subjetiva de contagio físico del dolor. En ningún caso obtuvimos cambios térmicos medibles.

Discusión Caso C. Nuestros resultados muestran que para obtener un marcador fisiológico de la sinestesia tacto- espejo (en nuestro caso un cambio térmico), se necesitan dos factores: tener una puntuación extra-alta en empatía e informar de una experiencia subjetiva de tacto “fantasma” al observar a otra persona ser tocada (anatómica o especularmente). Es lo que ocurre en C pero sobre todo para la zona del cuello. No hemos obtenido datos claramente significativos para las mejillas (si un tamaño del efecto grande). Si la persona observada es tocada en el cuello, C experimenta un aumento local y contralateral de la temperatura en el cuello. Si la persona observada es tocada en la mejilla, C experimenta un aumento local de la temperatura pero siempre en la mejilla ipsilateral. Los otros participantes que sólo poseen uno de estos dos factores (alta empatía sin experiencia subjetiva de tacto fantasma o experiencia subjetiva con baja empatía) no muestran cambios térmicos significativos.

2) El caso A

Varón, 24 años, estudiante de psicología, dice experimentar sensaciones propias al ver a otra persona golpeándose la cara o el brazo. Cuando ve a otra persona golpearse la cara (en la mejilla

derecha) el sujeto A dice sentir esa sensación en su mejilla izquierda. Cuando ve a otra persona pegarse en el brazo izquierdo, dice sentir una sensación “como templarse” en su brazo derecho.

A realiza junto con sus compañeros de clase, un cuestionario para evaluar su nivel de empatía (TECA). Los resultados indican que posee un nivel de empatía extremadamente alto (puntuación T: 73), obteniendo la mayor puntuación del grupo. Ver tabla 5. La puntuación de las escalas es (en percentiles): 98, AP: 97, CE: 92, EE: 99; AE: 95. Además, posee una percepción subjetiva de ser muy empático. Esta alta puntuación, junto con la descripción de sus experiencias al observar a otra persona ser golpeada, descritas anteriormente, nos lleva a seleccionarlo para un estudio con termografía.

Tabla 5. Puntuación en empatía (TECA) de todos los componentes del grupo al que pertenece A. La puntuación de A aparece resaltada en rojo (primera fila).). EA=extra-alta; A=alta; M=media; B=baja; EB=extra baja.

SUJETOS	TECA TOTAL	PERCENTIL	PUNT. T	SIGNIFICADO	PERCEPCIÓN SUBJETIVA
1	150	99	73	EA	Si
2	132	90	63	A	No
3	130	85	60	A	No
4	120	60	53	M	No
5	116	55	51	M	No
6	117	55	51	M	No
7	115	50	50	M	No
8	113	50	50	M	No
9	114	50	50	M	No
10	115	50	50	M	No
11	112	45	49	M	No
12	112	45	49	M	No
13	110	40	47	M	Si
14	108	35	46	M	No
15	109	35	46	M	Si
16	109	35	46	M	No
17	109	35	46	M	No
18	107	30	44	B	Si
19	106	30	44	B	Si

20	107	30	44	B	No
21	104	25	43	B	Si
22	105	25	43	B	No
23	104	25	43	B	No
24	103	20	42	B	No
25	102	20	42	B	No
26	102	20	42	B	No
27	102	20	42	B	No
28	102	20	42	B	si
29	100	20	42	B	no
30	103	20	42	B	no
31	101	20	42	B	no
32	102	20	42	B	si
33	102	20	42	B	no
34	99	15	40	B	no
35	96	10	37	B	no
36	89	4	32	EB	si

Termograma. Utilizamos la cámara termográfica para realizar dos registros de su temperatura corporal. Primero, mientras ve a otra persona, en vivo, pegarse a sí mismo en la mejilla derecha con la palma derecha (condición “observar golpear cara”). Segundo, mientras ve a la misma persona pegarse en la parte alta del antebrazo izquierdo con la palma de la mano derecha (condición “golpear brazo”). El objetivo es medir la temperatura de las zonas corporales donde dice experimentar la sensación subjetiva correspondiente al ver a la otra persona realizar la acción de golpearse, mientras observa en vivo a dicha persona. Comparamos la temperatura de esa zona del cuerpo (correspondencia anatómica) con las mismas zonas del cuerpo del lado contrario (correspondencia especular), tras determinar en la línea de base que la temperatura era simétrica para ambas mejillas y ambos antebrazos. En ambas condiciones, medimos la diferencia de temperatura en brazos y cara, independientemente de que nuestro interés se centre en una zona o en otra en cada condición, para disponer así, en ambas condiciones, de otra zona del cuerpo que utilizar como zona control, esto es, los brazos en la condición “observar golpear cara”, y la cara en la condición “observar golpear brazo”. Ver la figura 4.

Condición “observar golpear cara derecha”. Ver tabla 6 con los datos térmicos



Figura 4: Imagen termográfica de A con las cuatro zonas seleccionadas para el análisis de temperatura al final del periodo de grabación.

Tabla 6. Temperatura media (Avg) y desviación estándar (St.d) de cada zona seleccionada durante el periodo de grabación de la condición “observar golpear cara derecha”

Zona corporal	Avg	St.d
Mejilla derecha	34.1	1.5
Mejilla izquierda	35.1	0.1
Antebrazo derecho	33.0	0.2
Antebrazo izquierdo	33.4	0.3

Se observa una diferencia significativa en la temperatura entre la mejilla derecha e izquierda ($d=1.2$): el lado izquierdo de la cara muestra una temperatura un grado mayor que el lado derecho en la condición “observar golpear mejilla derecha”. Es decir, se trata de una correspondencia especular o como ante un espejo. Al comparar la temperatura de los antebrazos

(sobre los que A no hacía ninguna observación en esta condición) se observa también una diferencia significativa ($d=1.6$): el brazo izquierdo muestra sobre medio grado más de temperatura que el derecho (efecto contralateral o especular). Ver Figura 5.

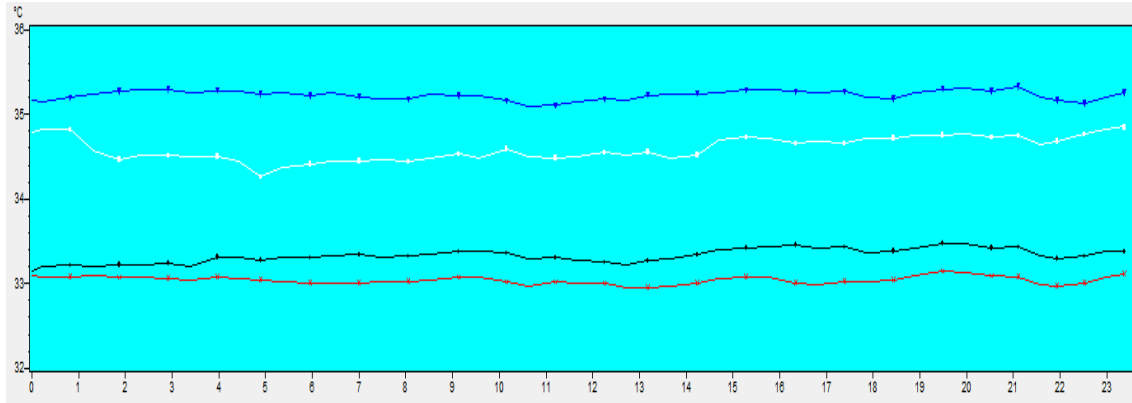


Figura 5 Variaciones de temperatura durante la condición “observar golpear cara derecha” (para A) a lo largo del periodo de grabación: blanco (mejilla derecha), azul (mejilla izquierda), rojo (brazo derecho), negro (brazo izquierdo).

Condición “Observar golpear antebrazo izquierdo”. Ver Tabla 7.

Tabla 7. Temperatura media (Avg) y desviación estándar (St.d) de cada zona seleccionada durante el periodo de grabación de la condición “observar golpear antebrazo izquierdo”

Zona corporal	Avg	St.d
Antebrazo derecho	33.2	0.5
Antebrazo izquierdo	33.3	0.2
Mejilla derecha	34.7	0.8
Mejilla izquierda	35.1	0.1

No hay diferencia significativa en la temperatura entre antebrazo derecho e izquierdo ($d=0.2$), a pesar de que A afirma sentir su antebrazo derecho “como templarse” cuando ve a la otra persona golpearse el brazo. A pesar de no haber diferencia significativa, podemos observar que la temperatura máxima que alcanza el antebrazo derecho es superior (34.0°C) frente a la del antebrazo izquierdo (33.7°C). La diferencia entre la mejilla izquierda y derecha sí es significativa ($d=0.8$), siendo mayor la temperatura de la mejilla izquierda, aunque de nuevo el sujeto no informa de ninguna experiencia subjetiva en relación con la cara al observar a la otra persona golpearse en el brazo (efecto ipsilateral o anatómico). Ver Figura 6.

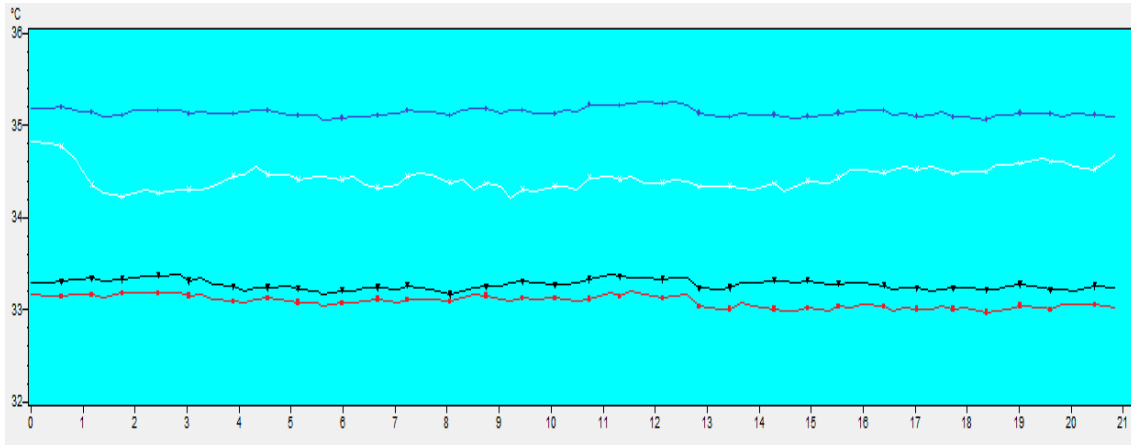


Figura 6 Variaciones de temperatura durante la condición “Observar golpear antebrazo izquierdo” (para A) a lo largo del periodo de grabación: blanco (mejilla derecha), azul (mejilla izquierda), rojo (brazo derecho), negro (brazo izquierdo)

Los otros participantes del grupo con puntuaciones altas en empatía pero sin experiencia subjetiva de contagio del golpe o con baja empatía pero con percepción subjetiva positiva no muestran cambios térmicos mensurables.

Discusión caso A. Para A, se produce un efecto de cambio térmico especular al observar a otra persona golpearse la mejilla (lo que corresponde con su experiencia subjetiva: como si me pegaran a mí), aunque también aumenta la temperatura del brazo contralateral (sin correspondencia con su experiencia subjetiva). En realidad, si analizamos el curso temporal del cambio térmico en la condición “observar golpear mejilla derecha” solo se produce un aumento térmico para el antebrazo izquierdo (diferencia de temperatura final versus inicial: $d=0.60$) y un descenso térmico inicial en la mejilla derecha (diferencia térmica entre el registro 0 y el registro 5, $d=0.80$) seguido de un aumento térmico gradual en la misma mejilla (diferencia térmica entre el registro 5 y el registro 23, $d=0.66$). Sin embargo, en la condición observar golpear el antebrazo, los cambios térmicos no ocurren en el brazo sino en la cara, en el lado contralateral al del brazo golpeado (diferencia térmica en mejilla derecha en registro 0 frente a registro 5, $d=1$). Si analizamos el curso temporal, obtenemos un descenso térmico para la mejilla derecha. De manera que en el caso A reproducimos, para el dolor, los resultados obtenidos en el caso C para el tacto, sobre la necesidad de dos condiciones necesarias para el marcador somático de la sinestesia tacto-espejo: alta empatía y experiencia subjetiva. En ambos casos además obtenemos cambios fisiológicos que no se corresponden con la experiencia subjetiva. En ambos casos se producen efectos térmicos inesperados o incongruentes con la experiencia subjetiva del participante y efectos contralaterales

e ipsilaterales. También se producen en ambos casos “confusiones” anatómicas en el efecto de asimetría térmica entre cuello y mejilla o entre antebrazo y mejilla.

3) *El caso M*

M es una estudiante universitaria, de 37 años, que padece ataxia cerebelosa (Milán, et al., 2012). Es diestra y brillante en matemáticas. Muestra sinestesia grafema color y sinestesia días de la semana y meses–color además de diferentes tipos de sinestesia numérico-espacial. Muestra también sinestesia música-visual y sinestesia tipo aura: las personas le inducen colores, temperaturas y números como experiencias concurrentes. Por ejemplo, sobre los fotismos de colores, los relaciona con la temperatura. En sus propias palabras “hay una mezcla entre mi actitud y la actitud de la otra persona en nuestra interacción social, es un flujo de colores fríos y cálidos”. Los números concurrentes de cero a cinco significan relaciones frías o distantes. Por encima de cinco significan amistad (6), atracción (7-8) o amor (9). Para M, los números y colores concurrentes están muy relacionados con la emoción. En su caso, no hay relación entre sinestesia grafema color y sinestesia persona número: si su amigo Juan es el número dos, el número dos puede ser azul, pero su amigo Juan puede ser verde. La puntuación que obtiene en el test de empatía es de percentil 60 (puntuación TECA total: 119; CE: 32, EE: 24, AE: 31, AP: 32).

El objetivo de estudiar de nuevo a M, que no manifiesta sinestesia tacto-espejo sino sinestias múltiples tipo aura pero de carácter fuertemente emocional, a pesar de no puntuar extra-alto en empatía, es determinar si la termografía es útil como marcador somático exclusivamente de la sinestesia tacto-espejo o puede serlo también de otras sinestias emocionales como la tipo aura. Recordemos que uno de los concurrentes de M para el inductor persona es la temperatura.

El procedimiento para M fue el siguiente: en una primera sesión, veía imágenes de gente conocida y los clasificaba en fríos o cálidos según la sensación que le provocaban. En una segunda sesión, se les presentaban de nuevo las mismas imágenes y se le grababa empleando la termografía para ver si había diferencias de temperatura al ver una presentación de diapositivas catalogadas previamente como cálidas y otra con imágenes catalogadas previamente como frías. Repetimos el procedimiento con imágenes IASP calificadas como cálidas o frías tomadas de Milán y cols.(2012). Se midió la temperatura en las palmas de las manos que según M era el lugar donde mejor podía sentir las experiencias subjetivas.

Resultados. No se observa diferencia de temperatura significativa entre ambas condiciones, es decir, la temperatura de las manos (y otros registros corporales como antebrazo, cuello o mejilla) era la misma cuando veía una secuencia de fotografías de personas que había calificado previamente como cálidas que cuando ve a personas calificadas previamente como frías: $d=0.1$. Ver figuras 7 y 8.

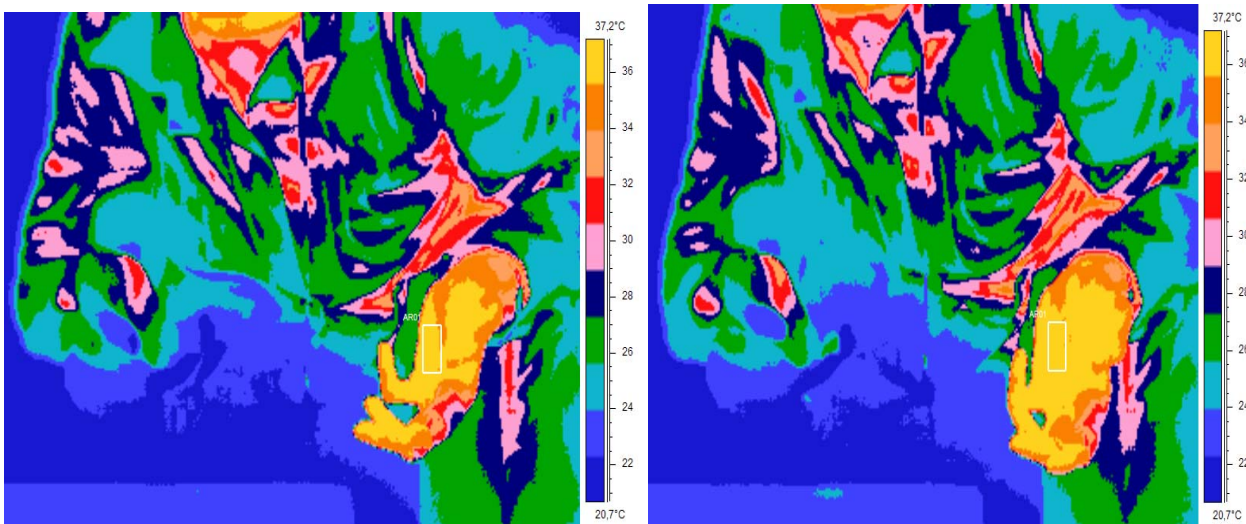


Figura 7. Imagen termográfica de la palma de la mano de M al inicio y al final de la condición “ver fotografías frías”.

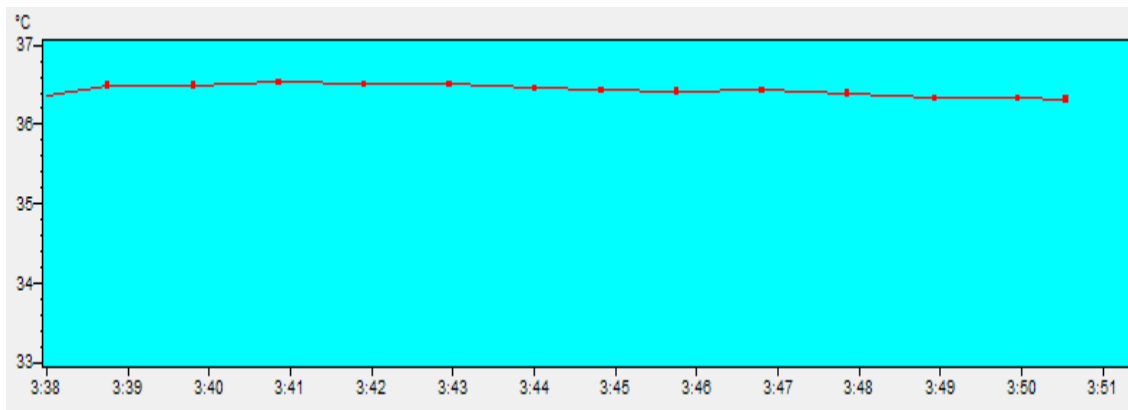


Figura 8. Variaciones de temperatura durante la condición “ver fotos cálidas” (para sujeto M) a lo largo del periodo de grabación.

CONCLUSIONES

El estudio de estos tres casos muestra el potencial del uso de la termografía en la sinestesia, donde los concurrentes son factores como temperatura, presión u otras sensaciones físicas, ya que son susceptibles de medida por medio de esta tecnología. En concreto para la sinestesia tacto-espejo, que se caracteriza por experimentar una sensación similar a la que está siendo observada, la termografía se convierte en una medida de carácter fisiológico que nos permite establecer medidas objetivas que correspondan (o no, en ocasiones) a la sensación subjetiva experimentada. Es decir, la termografía puede ser utilizada como marcador somático de la sinestesia tacto-espejo pero no de la sinestesia tipo aura para el inductor persona con el concurrente temperatura.

En concreto, en los casos revisados la termografía nos muestra su rango de posibles "outputs". Nos permite ofrecer una medida objetiva (asimetría térmica), que en algunos casos se corresponde con la experiencia subjetiva; mientras que, en otras ocasiones, nos muestra cambios fisiológicos aún cuando no existe ningún correlato subjetivo al respecto. Al mismo tiempo, nos indica casos en los que la experiencia subjetiva descrita por la persona no tiene correlato fisiológico, al menos uno que pueda medirse con esta tecnología.

Estudiar las manifestaciones fisiológicas de este tipo de sinestias amplía la información más allá de los patrones de actividad cerebral, de la experiencia subjetiva y de los marcadores conductuales y puede ayudar a completar la comprensión del mecanismo funcional de esta sinestesia en particular.

Como ya hemos dicho, podemos establecer dos condiciones necesarias para el marcador somático de la sinestesia tacto-espejo: alta empatía y experiencia subjetiva. Obtenemos además cambios fisiológicos que no se corresponden con la experiencia subjetiva. Se producen además efectos térmicos inesperados o incongruentes con la experiencia subjetiva del participante y efectos contralaterales e ipsilaterales. También se producen "confusiones" anatómicas en el efecto de asimetría térmica que no son fáciles de explicar en términos del homúnculo somatosensorial. En un futuro será de interés establecer las correspondencias entre cambios térmicos y activaciones cerebrales propias de la sinestesia tacto-espejo (activación de las áreas somatotópicas vinculadas a la detección y regulación de la temperatura y a la sinestesia tacto-espejo como pueden ser BA1, BA2, BA7 o la ínsula), así como explorar la relación entre la

sinestesia tacto-espejo y la imposición de manos propia del esoterismo con el caso de Esteban de Baza (Iborra, et al., 2012).

TERMOGRAFÍA Y CUALIA: EL DUENDE FLAMENCO

Capítulo 7: Imagen cerebral del baile Flamenco

Estudiamos la imagen cerebral del flamenco con bailaoras expertas, replicando el efecto experto encontrado para las disciplinas ballet y capoeira por Calvo-Merino, Glaser, Grèzes, Passingham y Haggard (2005). Para las bailaoras, en flamenco se activan circuitos frontosubcorticales, con una gran activación temporofrontal, mientras que en ballet (donde no son expertas) se activa un circuito parietofrontal. En ambas danzas se activa frente a ejercicios físicos sencillos, un circuito donde destacan la activación de BA 19-37-39, BA40 y BA6, que implica que al observar las danzas se activa el sistema de reconocimiento e imitación de gestos así como el self-motor en cierta medida. La nota en calidad técnica en flamenco correlaciona negativamente con la empatía. Las bailaoras de flamenco puntúan en empatía por debajo del percentil 20, no obstante, la activación diferencial de ciertas áreas del sistema espejo al observar flamenco frente a ballet como son la ínsula, BA4 y BA7 correlacionan positivamente con la puntuación en empatía. Esto indica que el flamenco es algo más que una técnica y que el efecto experto no depende sólo de la práctica.

Observar a otros realizando una acción supone la activación de diferentes funciones mentales relacionadas con procesos de comunicación, aprendizaje observacional o socialización que ayudan a la comprensión de lo que se está viendo (*action understanding*). Estos mecanismos están relacionados con varios procesos mentales, como son la “simulación” de ese movimiento en el cerebro (Jeannerod, 1994), la activación del repertorio motor del que observa o la activación del sistema de las neuronas espejo (Rizzolatti & Craighero, 2004). Las investigaciones en este campo muestran que, por una parte, existe una activación organizada somatotópicamente en el córtex premotor y parietal cuando se observan los movimientos de las partes del cuerpo de otro (Buccino, et al., 2001). Por otra parte, se han encontrado evidencias del efecto de la preparación del movimiento (Grèzes & Decety, 2002), la predisposición a la ejecución del mismo (Fadiga, Fogassi, Pavesi, & Rizzolatti, 1995) o la activación motriz del que observa (Buccino, et al., 2004) que permiten afirmar que el cerebro comprende la acción por estimulación motora (Calvo Merino, et al., 2005). Los experimentos realizados con monos que estudian el sistema de las neuronas espejo permiten postular que el cerebro emplea representaciones motoras especializadas para comprender las acciones que observa (Ferrari, Rozzi, & Fogassi, 2005).

Estudios como el de Calvo-Merino, Glaser, Grèzes, Passingham y Haggard (2005) muestran que existe una correspondencia entre los movimientos complejos y los programas motores que los definen y se activan en el cerebro cuando la persona los ve. Sus experimentos con bailarines expertos son relevantes, pues para las personas entrenadas en la realización de un movimiento se activa el córtex premotor ante la observación del mismo. Nuestro repertorio motor está formado no sólo por la anatomía musculo-esquelética que ejecuta el movimiento, sino también por la habilidad aprendida e implementada en el cerebro a través del sistema de representación motora. El sistema cerebral encargado de la representación motora, que reside en el córtex premotor y parietal, se beneficia del repertorio motor adquirido, facilitándose la labor de este sistema de representación cuando vemos a otro ejecutando una acción. Los experimentos de este grupo consideran que existe un “efecto de experto”: los voxels activados durante la observación de movimientos en los que el sujeto es experto no se activan en sujetos no expertos.

Estudios posteriores precisan el tipo de “comprensión” que realizan las neuronas espejo de esta representación. Por una parte, el sistema codifica patrones de acción completos, no sólo movimientos individuales, mediante la organización de los movimientos que conforman un paso de danza de la especialidad de los bailarines. Por otra parte, los experimentos de otros autores sobre planificación del movimiento (Sakai, Ramnani, & Passingham, 2002) son una prueba a favor del efecto de que observar acciones activa planes de ejecución completos en observadores expertos.

El sistema de las neuronas espejo, ampliamente estudiado en relación a la empatía, esta también muy implicado en nuestra comprensión de los patrones de movimiento que emplea el cerebro. Este sistema, ¿contiene una representación motora real o simplemente la representación de una acción observada? Si se trata del segundo caso, sería capaz de representar cualquier acción, independientemente de la experiencia del observador, pero si se trata de la primera hipótesis, entonces existirían diferencias cuando existe una experiencia motora en el observador, es decir, cuando hablamos de personas expertas frente a personas que no lo son. Las acciones de los otros son un estímulo complejo para nosotros. Cuando vemos a otro ejecutando una acción, hay diferentes representaciones en juego: 1.Representación visual puramente kinemática, 2.Representación de la figura que realiza la acción, 3.Representación de un objeto asociado a la acción, 4.Representación, a través de las neuronas espejo, puramente motora de la acción observada.

La representación motora de los expertos en una habilidad se utiliza para comprender esa acción cuando se observa y no es sólo una cuestión de familiaridad perceptiva con la acción. En sus experimentos con bailarines, Calvo-Merino (2006) aprovecha la experiencia de bailarines de la misma disciplina, que los hace iguales en cuanto a experiencia visual, pero cuyo repertorio de pasos es específico por grupos (bailarines masculinos frente a femeninos), de manera que se pueda disociar si la actividad cerebral al observar movimientos específicos de su grupo está relacionada con la experiencia en su ejecución. Los resultados son concluyentes, ya que existe una activación significativa del córtex premotor izquierdo, el cortex intraparietal bilateral y el cerebelo cuando los sujetos observan pasos de su grupo. Es decir, durante la observación, la representación es motora y no basada en la familiaridad perceptiva. En su última revisión de la teoría sobre el sistema de las neuronas espejo, Rizzolatti (2004) ya presume, gracias a los trabajos de Baldissera, Cavallari, Craighero y Fadiga (2001), que en la espina dorsal reside un mecanismo inhibitorio que previene la ejecución del movimiento cuando éste se produjera como reacción a un movimiento observado, liberando así al sistema de las neuronas espejo para centrarse en el resto de aspectos de la acción, salvo en su ejecución conductual, y que denomina sistema de resonancia motora.

En este trabajo encontramos múltiples ventajas a la hora de emplear un paradigma similar al de Calvo-Merino: los movimientos de danza son casi exclusivamente humanos, son precisos, están bien descritos y tienen un código que comprende todo el que lo ejecuta, por lo que adicionalmente a una codificación motora hay un vocabulario explicativo de los movimientos. En la danza, el movimiento abarca todo el cuerpo y no entran en juego elementos externos, es agradable para un profano en la materia, por lo que la experimentación es más sencilla. La danza requiere, tanto en el entrenamiento como en la ejecución, la observación de los movimientos de los otros y del espacio, por lo que es un campo de estudio bastante completo. También es importante señalar que al comparar diferentes estilos, anulamos el efecto que podría derivarse del tipo de danza que se analiza, haciendo comparables las condiciones. En esta investigación hemos empleado el flamenco, como danza de estudio principal ya que implica una actitud, una forma de experimentar el arte que no sólo conlleva una ejecución técnica sino también otros procesos emocionales o de experiencia subjetiva, es una danza expresiva, dramática, e incluso hace uso de un cualia indescriptible denominado duende (Webster, 2004) .

Nuestra hipótesis sostiene que disponer de habilidades motoras específicas para desempeñar un tipo de acción debe activar de forma diferencial el sistema de las neuronas espejo, esto es: córtex premotor, córtex parietal y surco temporal superior. Nuestro planteamiento pretende comprobar que las bailarinas expertas deben tener activaciones significativamente más

fuertes al ver movimientos en los que son expertas (flamenco), que con movimientos en las que no lo son (ballet) o con movimientos que no requieren una habilidad para ser ejecutados (ejercicio físico).

MÉTODO

Participantes. Diez bailarinas profesionales de flamenco, estudiantes de último curso de los estudios de Flamenco del Conservatorio profesional de danza de Granada, que llevaban al menos 10 años bailando en esta disciplina y de edad comprendida entre 15 y 26 años. Todas las participantes eran diestras, sin historial psiquiátrico o neurológico y con visión normal o corregida durante la realización del experimento. Todas dieron consentimiento escrito al firmar el “Consentimiento informado de participación en estudio cerebral de bailarines expertos” facilitado por el departamento de Psicología Experimental, así como el Consentimiento informado facilitado por la clínica “Centro de diagnóstico Granada” donde se realizó la prueba funcional. En el caso de las participantes menores de edad sus padres firmaron el consentimiento. No recibieron compensación económica por su participación. Todas fueron preseleccionadas atendiendo a que sólo son expertas en un tipo de danza, el flamenco, pero han recibido formación en ballet clásico durante al menos 4 años. Se conocen entre ellas, a nivel personal y como bailarinas.

Materiales:

Estímulos. Los videos presentados durante la realización de la fMRI se grabaron en una sesión previa, con varias semanas de diferencia, mediante una cámara digital. Los movimientos presentados en la tarea experimental eran desarrollados por diferentes ejecutores, de acuerdo al diseño experimental:

-Una bailarina profesional de ballet clásico, con 15 años de experiencia en compañía local, que sirvió como modelo de los 24 pasos de ballet clásico presentados.

-Una bailarina de flamenco, con 10 años de experiencia en grupo de flamenco, que sirvió como modelo de los 24 pasos de flamenco presentados

-Una licenciada en ciencias del deporte que sirvió como modelo de los ejercicios de calentamiento deportivo seleccionados como ejercicios de control

Las caras de los modelos se modificaron mediante un efecto de pixelado para asegurar que se procesaba la información corporal, y no procesos de reconocimiento de caras o emociones (ver figura 1 para ver ejemplos de los videos). Ninguno de los videos llevaba sonido y todos los pasos se igualaron en duración, ajustándose a 3 seg. Para facilitar la ejecución de las participantes durante la grabación de los pasos se empleó como sonido de fondo un metrónomo ajustado a segundos, que servía como marcador de ritmo.

Un equipo de expertos formado por una profesora de ballet clásico, una experta en flamenco y una de las investigadoras (titulada en danza española por el conservatorio de danza de Granada) seleccionaron los movimientos a ejecutar como pasos en ambas disciplinas, para que fuesen similares en cuanto a cuatro criterios, siguiendo el paradigma empleado por Calvo-Merino, Jola, Glaser & Haggard (2008): velocidad de ejecución del movimiento, parte del cuerpo empleada, localización del cuerpo en el espacio y dirección del cuerpo durante el movimiento. Este proceso de grabación previo a la realización del experimento por cada una de las participantes daba lugar a la toma de los clips de video necesarios para los estímulos de la tarea experimental.

Se grabaron 24 pasos de flamenco y 24 pasos de ballet que estaban equiparados de acuerdo a los criterios descritos, con la bailarina modelo de cada especialidad. La modelo bailarina de ballet y la modelo bailarina de flamenco fueron seleccionadas por su similitud en el contorno corporal, edad, experiencia en su disciplina y estatura. Para lograr mayor similitud los movimientos se interpretaron en un estudio de danza de 8 m de largo, 4,50 m ancho y 3,5 m de alto, con un fondo blanco sobre el que se enmarcaba un espacio de referencia de 2,50 m de alto por 1,75 m de ancho, y en el que en un espacio de unos 6,5 m² participantes y modelos ejecutaban los pasos que servirían de estímulos. Todas las modelos llevaron indumentaria idéntica para la interpretación de todos los pasos en cada disciplina consistente en un maillot y leggings negros.

Para medir la empatía se utilizó el test TECA (López Pérez, et al., 2008) que arroja valores generales y en cuatro subescalas: Adopción de Perspectivas (AP) que obedece a la capacidad de uno mismo para ponerse en el lugar de otro (como si estuviéramos en tercera persona); Comprensión Emocional (CE), que muestra la capacidad para comprender las emociones, intenciones e impresiones de los otros (como si fuera en primera persona); Estrés Empático (EE), o la capacidad para sintonizar con las emociones negativas de otros; y la escala Alegría Empática, que habla de la capacidad para sentir las emociones positivas de otros.

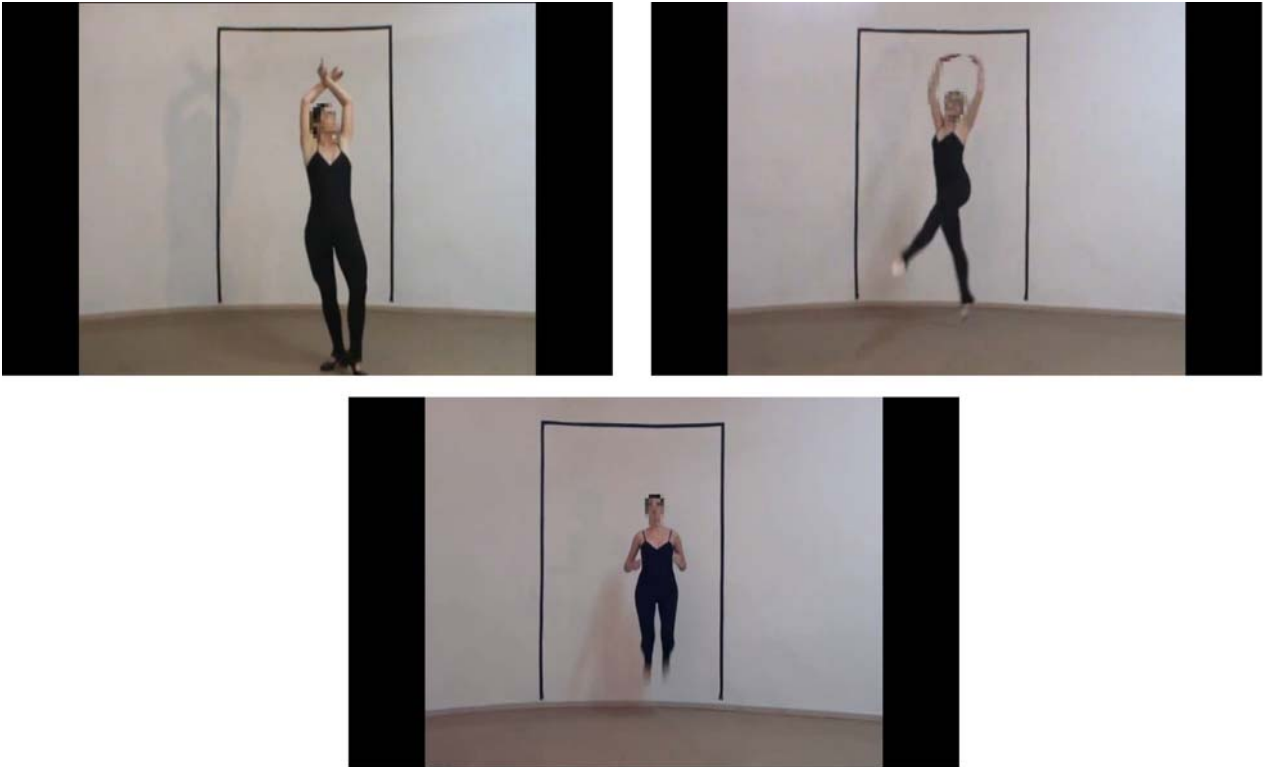


Figura 1: Muestra de clips de video de pasos de baile Flamenco, Ballet (línea superior) y ejercicio deportivo (línea inferior) ejecutados por las modelos.

Puesto que las participantes estudian los últimos cursos de flamenco en el Conservatorio de Danza, disponemos de sus calificaciones de los últimos años en las asignaturas: Técnicas de danza, Danza española, Flamenco, Estudio de acompañamiento de cante, Estudio de acompañamiento de guitarra, Talleres coreográficos, Interpretación y Música. La valoración técnica que hemos empleado es una media de su calificación en estas asignaturas.

Diseño

Tarea fMRI. Los vídeos se presentaban mediante unas gafas especiales, con pantallas de cristal líquido compatibles para trabajos de fMRI (Resonance Technology, Northridge, California, USA)

La tarea experimental se programó en e-prime2 (Schneider, Eschman, & Zuccolotto, 2002). Durante el experimento, cada video se presentó 2 veces. Cada uno de los ensayos experimentales constaba de 3 clips de video, presentados sin intervalo temporal y equiparados dentro de sus características, dando lugar a 8 estímulos específicos por condición/ensayo: ballet versus flamenco vs deporte.

Cada ensayo constaba de la siguiente secuencia:

Pantalla negra + punto fijación (3 seg.)

Secuencia de videos: Clip1 (3seg)

Clip2 (3 seg)

Clip3 (3 seg)

Pantalla de respuesta

(hasta alcanzar 15 seg)

Cada bailarina observó estímulos compuestos por videos de flamenco, vídeos de ballet y vídeos de deporte (1 estímulo= 3 vídeos de una misma especialidad). El orden de presentación de los videos fue contrabalanceado de forma que cada condición se presentase el mismo número de veces, es decir, los 8 estímulos de flamenco, los 8 estímulos de ballet y los 4 estímulos de deporte se contrabalancearon para presentarse 2 veces cada uno, siempre precedido y continuado por otro estímulo de diferente condición.

Adquisición de datos de imagen y preprocesamiento. Las imágenes de resonancia magnética funcional fueron adquiridas en un escáner Intera ACHIEVA de 3 Teslas (Philips Medical Systems, Eindhoven, The Netherlands), utilizando una antena de ocho canales. Se adquirieron 23 imágenes gradiente-echo planar (EPIs), sensible al contraste nivel de oxígeno en sangre (BOLD). Se utilizó una secuencia de contraste T2* de EPI con los siguientes parámetros: Tiempo de Repetición TR: 2 seg., Tiempo de Eco TE: 35mseg., flip angle= 90°. Para cada volumen, se adquirieron 23 cortes axiales de 4 mm de anchura con un gap de 1mm. (Field of View FoV= 230x230 mm, matriz de reconstrucción 96x96). También se obtuvo una imagen estructural de alta resolución T1, con el fin de tener una imagen de referencia anatómica, con los siguientes parámetros: 160 cortes, TR = 8.3 ms, TE = 3.8 ms, flip angle = 8°, FOV = 240 x 240, vóxeles: 1mm³.

Análisis de RMF. Las imágenes funcionales se analizaron utilizando el software, Statistical Parametric Mapping (SPM8) desarrollado por Wellcome Department of Cognitive Neurology (Institute of Neurology, Queen Square, London, UK), implementado en Matlab 6.5 R2009 (MathWorks, Natick, MA, USA).

El preprocesado de las imágenes consistió en el realineamiento tomando como referencia la primera imagen de cada serie, corrección del tiempo entre cortes, normalización a la plantilla

EPI en el espacio del Instituto Neurológico de Montreal (MNI), y suavizado espacial mediante la convolución con un núcleo gaussiano 3D (FWHM=8mm).

Cada condición fue modelada durante los 9 segundos que aparecían los vídeos en pantalla, no incluyendo la pregunta ni la respuesta final. La respuesta BOLD en cada voxel fue convolucionada con la función de respuesta hemodinámica canónica (HRF) utilizando un filtro paso alta de 128 seg.

Teniendo en cuenta los objetivos del estudio, se definieron para cada participante, distintos contrastes de interés, combinando las condiciones de tipos de movimientos (Ballet, Flamenco y Deporte). Se generaron mapas paramétricos estadísticos de cada contraste t para cada participante. Para el análisis de grupo se realizó una prueba t de una muestra utilizando las imágenes de contraste previamente realizadas. Se estableció un umbral estadístico de $p < 0.005$ (sin corrección) con un tamaño mínimo de clúster (clúster extent $K_e = 10$), con lo cual se logra un balance apropiado entre los errores de Tipo I y Tipo II (Lieberman & Cunningham, 2009)

RESULTADOS

Efecto experto

Para las zonas relacionadas con el sistema de neuronas espejo, al comparar la condición flamenco con la condición ballet se activan significativamente las áreas de la Tabla 1.

Se constata que las zonas vinculadas al sistema de las neuronas espejo, es decir, el córtex premotor bilateral que incluye el giro precentral, el surco temporal superior izquierdo (STS) y el córtex parietal izquierdo, incluyendo el precúneo, se activan significativamente cuando las bailarinas expertas observan movimientos de flamenco en comparación con movimientos de ballet equivalentes.

Table 1: Expertise effects in action observation for areas related to mirror neuron system.³

Region	Side	BA	x	y	z	Volume (mm3)	t
<i>C. premotor: giro precentral superior</i>	L	6	-30	-14	64	168	4,79
	R	4	26	-26	62	600	4,37
<i>Giro precentral</i>	L		-50	-4	48	6.736	8,25
	R	6	54	0	44	1.392	5,02
	R		50	-12	54	464	4,67
<i>(STS) surco temporal superior posterior</i>	L	21/22/40	-56	-40	22	544	6,37
<i>Giro parietal superior</i>	L	31	-2	-64	28	1.024	4,16

Si comparamos las áreas activadas significativamente en ballet frente a las áreas en flamenco (ver Tabla 2) e intentamos comprobar el efecto de experto, encontramos una activación bilateral del lóbulo parietal superior (precúneo) bilateralmente. También encontramos en el lado izquierdo la activación de lóbulo occipital (BA19), del giro occipital (BA18) y del giro poscentral (BA2). Pero en nuestra comparación principal, que obedece a la activación significativa mientras las sujetos ven movimientos de flamenco frente a movimientos de ballet, hay otras muchas zonas activadas de forma relevante (ver Tabla 3).

Table 2: MNI coordinates of peaks of Relative Activation in the Cortical Regions where BOLD signals was higher ballet frente a flamenco

Region	Side	BA	X	Y	Z	Volume (mm3)	t
Superior parietal	L	7	-10	-72	60	3.928	7,403
	R		18	-58	70	688	5,459
Occipital Lobe	L	19	-28	-90	26	448	7,516
Middle Occipital Gyrus	L	18	-18	-98	10	840	6,794
Postcentral Gyrus	L	2	-58	-28	40	376	4,656

³ Las tablas y figuras de estos últimos cuatro artículos pueden encontrarse en inglés puesto que se han realizado expresamente para la publicación, y por tanto para las revistas a las que han sido enviadas.

Tabla 3: Principales activaciones *Bold response* para áreas no directamente implicadas en sistema experto y sus coordenadas MIN cuando las sujetos observan movimientos de flamenco en comparación con movimientos de ballet

Region	Side	BA	X	Y	Z	Volume (mm3)	t
Inferior Frontal & Middle Frontal Gyrus & Insula		9, 13, 46	48	30	6	7.320	8,957
Orbito frontal córtex	R	47	22	44	-14	568	5,890
			40	28	-22	1.600	5,760
Medial frontal gyrus	R	10	18	60	4	544	4,237
	R	21, 22	54	-46	0	2.656	5,048
Middle temporal gyrus	R	20, 21	62	-4	-26	280	4,921
	R	39	48	-66	18	552	4,045
	R	21, 22	54	-28	-2	1.816	6,618
Giro temporal medial/surco occipital	L	21/22	-60	-8	-10	816	4,410
Fusiform Gyrus		37	36	-8	-36	176	5,193
Cerebellum	L		-32	-66	-26	1.464	8,338
	R		32	-42	-42	3.568	7,650
Putamen & Pallidus	R		16	0	-2	5.560	8,294
Putamen & Pallidus & Thalamus	L		-24	0	6	1.984	6,916
Amygdala	R		18	-8	16	1.048	7,097
	L		-16	8	-4	1.024	5,799
Middle Occipital Gyrus	L	18	-30	-98	-8	992	5,185
	R	18	22	-90	-10	4.816	10,440

Tienen un papel especial las áreas relacionadas con el sistema límbico, el cerebro emocional, y los ganglios de la base, implicados en el movimiento no consciente. Ver figura 2.

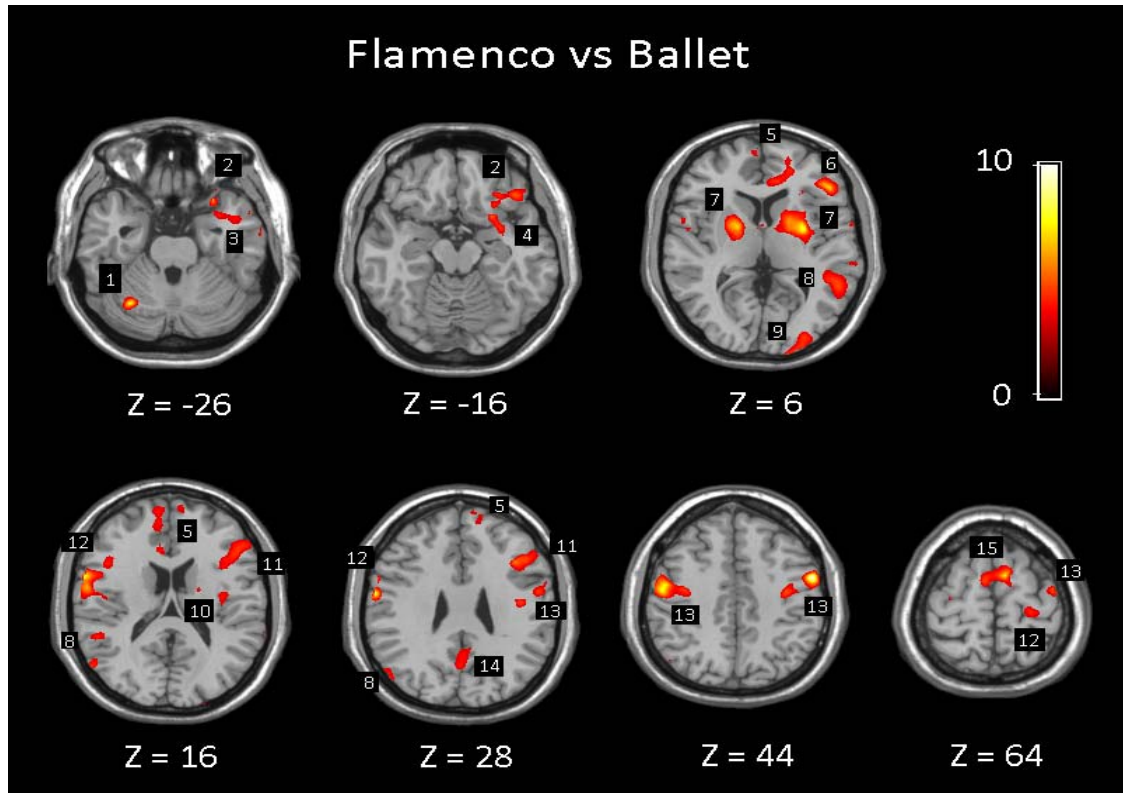


Figura 2: Imagen cerebral en la comparativa de condiciones Flamenco>Ballet, donde resulta significativa la activación de las áreas 1.-Cerebellum, 2.-Orbitofrontal Cortex, 3.-Middle Temporal Gyrus, 4.-Amygdala, 5.-Medial Frontal Gyrus, 6.-Inferior Frontal Gyrus, 7.-Putamen & Pallidus, 8.-Middle Temporal Gyrus, 9.-Middle Occipital Gyrus, 10.-Insula, 11.-Middle Frontal Gyrus, 12.-Postcentral Gyrus, 13.-Precentral Gyrus, 14.-Precuneus, 15.-Supplementary Motor Area. Z corresponde a la coordenada sagital y la barra vertical indica el valor t.

Por último, realizamos una comparación entre las áreas implicadas en la danza en general (movimientos de ballet más movimientos de flamenco) y las áreas implicadas en deporte (ejercicios físicos simples que no requieren habilidad especial como saltar sobre dos pies, correr de modo estático o levantar los dos brazos), obteniendo diferencias significativas en el giro precentral bilateral y el combinado occipito-temporal (BA19, 37, 39) bilateral (ver Tabla 4). Nuevamente y de forma más específica la experiencia en danza de las participantes tiene un correlato fisiológico en forma de activación significativa en las áreas motoras. Ver figura 3.

Table 4: MNI coordinates of peaks of Relative Activation in the Cortical Regions where BOLD signals was higher in the comparison danza frente a deporte y la contraria

Region (Dance > Sport)	Side	BA	X	Y	Z	Volume (mm3)	t
Inferior Parietal Lobule	L	40	-24	-18	38	4.904	7,5927
Middle Occipital & Temporal Gyrus	R	19, 37, 39	50	-70	-2	3.456	6,3846
	L		-48	-80	0	3.136	6,0618
Superior Occipital Gyrus	L	19	-18	-90	36	584	5,0811
Superior Frontal Gyrus	L	6	-20	-4	74	632	5,3462
Middle Frontal Gyrus	R	6	24	-4	50	256	4,2846
	L	6	-26	-4	54	488	4,3447
Putamen	L		-16	24	-10	1.880	7,7508
Region (Sport< Dance)	Side	BA	X	Y	Z	Volume (mm3)	t
Middle Temporal Gyrus	R	21	54	6	-40	664	6,2769
Middle Frontal Gyrus	L	11	-24	40	-12	384	5,8368
Superior Temporal Gyrus	R	22	54	4	2	304	4,2296
Hippocampus	R		36	-14	-22	160	4,7542
Ínsula	R	13	42	-4	18	1.544	6,2746

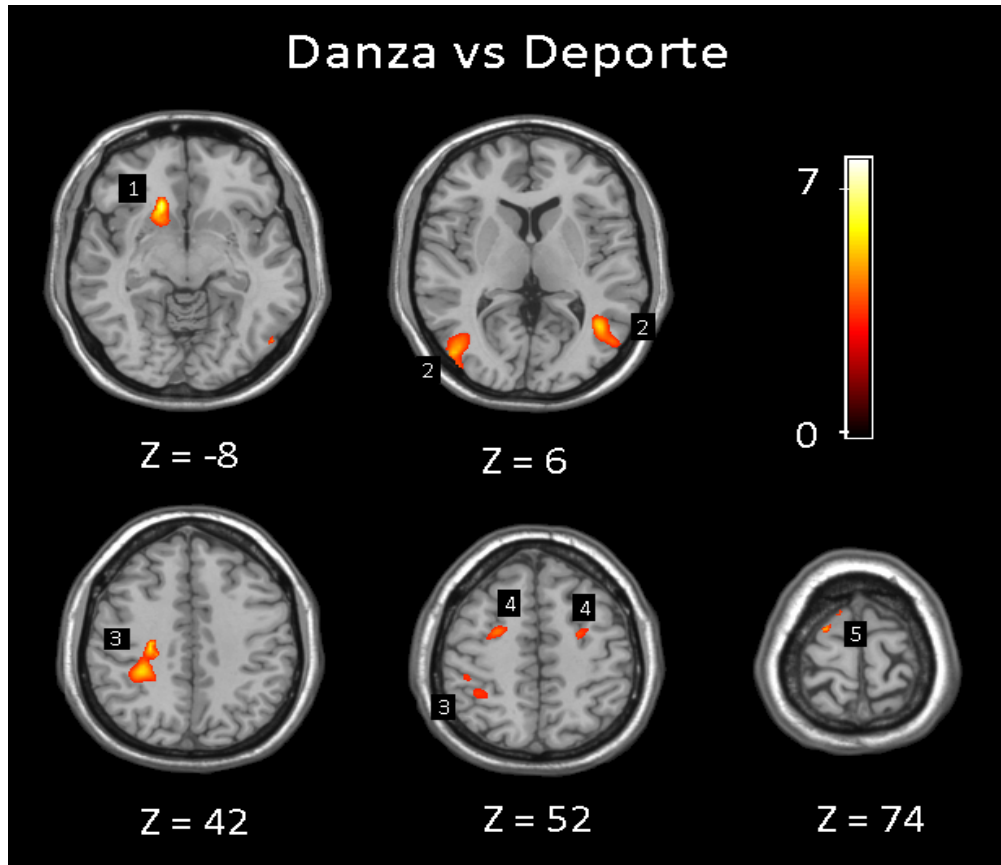


Figura 3: Imagen cerebral en la comparativa de condiciones Danza>Deporte, donde resulta significativa la activación de las áreas 1.-Putamen, 2.-Middle Occipital & Temporal Gyrus, 3.-Inferior Parietal Lobule, 4.-Middle Frontal Gyrus, 5.-Superior Frontal Gyrus. Z corresponde a la coordenada sagital y la barra vertical indica el valor t.

Si ésta comparación se realiza exclusivamente entre flamenco y deporte destacamos la activación del combinado BA19,37 y 39 (izquierdo con coordenadas -48/-80/4 t= 5,423 y derecho 50/-68/-2 t= 8,607), la del cerebelo (izquierdo, -40/ -66/-34, t=5.45 y la de los núcleos subcorticales putamen y caudado (izquierdo, -32/36/8,t=7.19), pálido (derecho, 14/0/0, t=6.35),), tálamo (derecho, 8/ -12/ 16, t=5.34) y la amígdala (18/-8/ 16,t=7.09).

Por último, indicar que la calificación técnica-académica de las participantes, con media 6.79 (0.72), correlaciona negativamente con la puntuación en empatía de las bailarinas, con una puntuación directa global=103.90 (6.06), percentil=17.4 (9.9) y en particular para las subescalas: AE= 29.60 (2.50); AP=26.50 (3.33); CE=27.40 (2.45) y EE=20.30 (2.58); en concreto, la nota técnica correlaciona con AP (adopción de perspectivas, rxy=-0.84) y con AE (alegría empática, rxy=-0.94). La empatía correlaciona con la activación diferencial de ciertas estructuras cerebrales en flamenco, sobre todo con la ínsula (rxy=0.93). Este área correlaciona además con AP 0.83. Por último, la empatía también correlaciona con BA4 y BA7 (0.86 y 0.87 respectivamente con AP y

0.84 y 0.93 con la puntuación global directa). Podemos concluir que nuestras bailarinas son muy poco empáticas (por debajo del percentil 20) y que obtienen una valoración en técnica mayor cuanto menos empáticas son, pero que a medida que la empatía aumenta (sobre todo la adopción de perspectivas) se activan diferencialmente al observar Flamenco ciertas áreas del sistema espejo como son la ínsula, BA4 y BA7.

DISCUSIÓN

Lo primero es diferenciar las áreas cerebrales que se activan en función de la especialidad de danza que están viendo nuestros participantes. Teniendo en cuenta que son expertas en flamenco, las zonas que muestran una activación BOLD significativa frente a los pasos de ballet son el córtex premotor (especialmente giro precentral), el córtex temporal medial (especialmente surco temporal superior) y el cortex parietal (especialmente el surco intra parietal y la parte superior). Nuestros resultados apoyan que la respuesta cerebral al ver una acción está influenciada por la habilidad del observador para ejecutarla (efecto experto). Expertas en flamenco muestran mayor activación en córtex premotor (bi), surco temporal superior (L) y giro parietal (L) al observar acciones en las que son expertas frente a pasos de otra disciplina, el ballet, en la que no lo son.

Calvo- Merino et al. (2005) emplearon un paradigma similar y obtuvieron resultados equivalentes, comparando además esas mismas áreas pero con un grupo de no expertos. De forma complementaria nuestro estudio replica sus resultados para los expertos y abre nuevas opciones de estudio con otras especialidades de la danza en los que identificar que la activación significativa de estas áreas corresponde a la existencia de patrones de experto. Sostenemos, al igual que la literatura ya comentada anteriormente, que la distribución en las áreas del cerebro destinadas al movimiento y su planificación, principalmente las áreas de Broadmann BA4 y BA6 contienen una representación de patrones motores específicos del baile flamenco en las bailarinas de nuestro estudio. Nos atrevemos a decir que la distribución de estos patrones obedece a la que postuló Penfield (1954) en su homúnculo, que situaba en el surco precentral la ubicación motora de piernas y brazos. Pero estas tres áreas son las que conforman el sistema espejo (Pineda, 2008), aunque no de forma exclusiva. Los patrones de movimiento del flamenco se “copian” gracias a este sistema y es en este sistema donde se replican cuando la experta observa los pasos que conoce.

Por otra parte, hay dos zonas del estudio de Calvo Merino para las que no obtenemos la misma conclusión sobre el sistema espejo: la parte superior del lóbulo parietal, el surco parietal

superior y el surco poscentral intraparietal, que no se activan de forma diferencial en nuestras bailarinas al ver pasos de flamenco frente a pasos de ballet, aunque si la primera de ellas en la comparación inversa.

Quizás podría interpretarse que dado que no hemos dado una instrucción directa de imitación, el sistema de reconocimiento motor no necesita de una activación específica de ésta área, como pasa característicamente en los experimentos de Buccino et al. (2001). En cualquier caso, también encontramos algunas referencias a otras teorías, complementarias en este aspecto. Los correlatos neuroanatómicos de la teoría de la mente la sitúan en muchas de las áreas que se activan diferencialmente en esta comparativa, en concreto: BA46, que influye en la planificación motora; el córtex orbitofrontal (BA47) que está implicado en el control motor, la coherencia temporal (importante para la música, que puede ser importante también en el flamenco) y la atribución a los otros de la conducta observada; el giro frontal medial (BA10) implicado en la atribución de la intención a otros; el giro temporal medial en su correspondencia con BA21 y 22, y que también se activa BA39, relacionándose así con el procesamiento de secuencias de acciones y el control ejecutivo de la conducta. Completa este mosaico de activaciones sobre la ToM la activación del giro fusiforme (BA37), implicado además en el procesamiento visual del movimiento (y por supuesto en la atribución de intención a los otros).

Hemos de añadir que entre los efectos principales encontramos la activación de estructuras subcorticales implicadas directamente en el control del movimiento no consciente; una de ellos es el globo pálido, cuyas eferencias hacia el cerebelo ayudan a controlar el movimiento involuntario. También se activa el putamen, implicado también en el control del movimiento, pero con un rol especial en el aprendizaje de secuencias de movimiento. Respecto a la activación talámica, destacamos su importancia en el control motor. Por último, destacar la activación de la amígdala, vinculada al circuito límbico y por tanto emocional, que podríamos fácilmente vincular a la emocionalidad del flamenco.

En conclusión, encontramos que de forma específica se activan en sujetos expertas tres sistemas diferenciados: por un lado el sistema de neuronas de espejo casi en su plenitud, gracias al cual podemos ver directamente el efecto experto encontrado por otros autores (Calvo Merino, et al., 2005), cuyos resultados complementamos añadiendo nuevas disciplinas (el flamenco). Por otro lado, el sistema ToM también se activa de forma completa en cerebros expertos. Por último, una activación frontosubcortical, que implica al sistema límbico y los ganglios de la base, pone el acento en la implicación emocional y de aprendizaje de las expertas. Podríamos decir que el

flamenco es parte importante de la huella motora del cerebro de éstas bailarinas, frente al ballet, que repercute diferencialmente en los componentes somatosensoriales del sistema espejo. Se diría que el flamenco activa circuitos frontosubcorticales, en particular circuitos temporofrontales, mientras que el ballet (donde no son expertas pero están familiarizadas con los movimientos a nivel visual y motor) activa circuitos occipito-parietales (Calvo-Merino, et al., 2008; Gómez-Milán, et al., 2012; Gómez-Milán, et al., enviado). Recordemos que las bailarinas son poco empáticas (y con mejor técnica cuanto menor empatía muestran) pero que existe una correlación positiva entre empatía (sobre todo adopción de perspectivas) y la activación diferencial en flamenco frente a ballet de la ínsula, BA4 y BA7, que son piezas claves del sistema de neuronas espejo extendido y de la preparación motora, así como del cerebro emocional. Es decir, el flamenco no es sólo técnica, se diferencia de otras danzas por sus componentes más emocionales y cualitativos (más temporales en términos cerebrales).

Observando el diseño experimental, y aunque empleamos como estímulos pasos de disciplinas de danza que se asemejan en velocidad de ejecución, parte del cuerpo empleada, localización del cuerpo en el espacio y dirección durante el movimiento, creemos que la experiencia en el flamenco, por ser la disciplina que practican cada día durante más tiempo y por la que muestran preferencias especiales, junto con factores emocionales ligados a su práctica, se refleja en zonas que actúan ante nosotros como “alertas” de que esa es la disciplina en la que son expertas: ¿Qué zonas? Sostenemos que las relacionadas con circuitos emocionales y con el aprendizaje (sistema límbico incluyendo la amígdala).

En cuanto a si los resultados pueden deberse a la familiaridad de los pasos, no coincidimos con Calvo-Merino en su argumentación acerca de que no se activen áreas implicadas en la familiaridad, puesto que sí se activa el giro fusiforme y el córtex premotor izquierdo. Nosotros nos decantamos por una explicación más sencilla y obvia: las sujetos llevan practicando ambas disciplinas durante más de 5 años y aunque dominan una más que otra, están acostumbradas a observar y practicar movimientos de ambas disciplinas. De hecho la activación de parte del sistema de neuronas espejo en la comparación entre movimientos de ballet frente a flamenco denota el conocimiento de esos programas motores a nivel somatosensorial, al menos en ballet.

Los datos que comparan ambos tipos de danza con el deporte también resultan interesantes. Por un lado, tanto en el caso del flamenco frente a deporte, como en el del ballet frente a deporte así como el de danza (ambos) frente a deporte tienen una importancia especial

las activaciones de las áreas BA19, 37 y 39. Esto significa que se dan procesos de reconocimiento visual y memoria espacial (BA19), reconocimiento del cuerpo y atribución de las intenciones de otros (BA37). En conjunto estas áreas se asocian al reconocimiento e imitación de gestos, al *action understanding* (Hermsdörfer, et al., 2001). Es intuitivo pensar que cualquier ejecución relacionada con la danza active este tipo de *action understanding* en cerebros expertos cuando se compara con actividad física que no requiere habilidad para su ejecución. Debemos subrayar que en este experimento las bailarinas siempre han visto bailar en este estudio en tercera persona, pero la activación de BA40 en las danzas frente al ejercicio físico, relacionado con el yo-motor, indica una activación en cierta medida del *self* (Chaminade & Decety, 2002; Jeannerod, 2003; V.S. Ramachandran, 2012; Tsakiris & Haggard, 2005). También se vincularía a la imitación involuntaria, aún cuando no se pide ni espera que el sujeto responda a la acción observada (Buccino, et al., 2001), lo que también apoyaría, por otra parte, la activación de BA6 que constituye parte del sistema de neuronas espejo como planificador del movimiento. También debemos apuntar, que la activación exclusiva de estructuras subcorticales, putamen y caudado, pálido, tálamo y amígdala que suceden de forma significativa solamente en la comparación del flamenco frente a deporte (hay alguna activación del putamen en danza frente deporte y ballet frente deporte pero pensamos que puede atribuirse a su labor puramente motora) tiene que ver con la preferencia de las participantes hacia el flamenco, su implicación emocional con esta disciplina y por tanto la vinculación de su aprendizaje a patrones motores y emocionales específicos que quedan retenidos en su sistema límbico y memoria, como apuntábamos en la comparativa del flamenco con el ballet.

Capítulo 8: Neuroestética del flamenco: Claves neurales a través de fMRI

En este trabajo se presenta un estudio acerca de la neuroestética del flamenco, de las áreas cerebrales implicadas en la visión de movimientos que se consideran bellos en flamenco, frente a movimientos que no se pueden categorizar como tales y que tras un análisis estadístico ejecutado a una muestra de 116 personas, hemos denominado como feos. Nuestros resultados replican los estudios previos de autores como Calvo-Merino (2008) que defienden una implicación del cíneo (BA17), precúneo (BA17) y córtex premotor al observar movimientos que se consideran positivos estéticamente en población experta; pero además, la activación de partes del circuito dopaminérgico del placer (núcleos caudado y putamen) nos adelanta que hay vías posibles de investigación en la relación entre lo que nos gusta y nuestra experiencia, y en el porqué gustan al público los movimientos que a las bailaoras expertas les gusta más ejecutar.

Bailar, según la Real Academia Española es “ejecutar movimientos acompasados con el cuerpo, brazos y pies” (1780) y en términos similares se refiere a la danza. Los expertos en esta materia coinciden en asegurar que la danza lleva ligada al hombre desde sus orígenes como primate y que junto con el habla son los signos distintivos entre el hombre primitivo y el animal (Zamora, 1995). Más allá de esta afirmación, la danza se ha empleado para la expresión de necesidades vitales, muchas de ellas ligadas a la emoción que las acompaña: necesidad de alimento, sentido del culto, socialización... La danza tiene un carácter colectivo, donde cuenta la implicación de la comunidad y evoluciona a la par que el hombre (Zamora, 1995).

En nuestros días la danza es una forma dinámica de expresar emociones, intenciones, una ejecución de movimientos al son de un sonido (no siempre música) considerados como arte que pueden ejecutar todos los humanos y que algunos de ellos han profesionalizado. La variedad de compañías de danza mundiales es tan diversa como la expresión de los intérpretes y aunque mantiene su carácter social, es una actividad que también se desarrolla en privado e individualmente. Nosotros nos centraremos en la observación de la danza para conocer algo más sobre cómo trabajan las áreas del cerebro implicadas en el movimiento de bailarinas expertas.

La pintura ha sido el campo de desarrollo de la neuroestética, dedicada a estudiar el estado psicológico que producen los estímulos sensoriales que percibimos del arte (V.S. Ramachandran, 2012; Zeki, 1999). La aproximación subjetivista de esta disciplina (Calvo-Merino, et al., 2008) se basa en los hallazgos de Zanjonc que nos hablan de que mostramos preferencia por los estímulos que conocemos (1980). Existen estudios capaces de concretar las áreas cerebrales implicadas en la preferencia estética individual (Cela-Conde, et al., 2004), aunque la crítica más importante hasta ahora se ha derivado de la metodología, ya que había problemas para controlar la subjetividad de los participantes.

En particular la experiencia de la danza relaciona diferentes procesos psicológicos básicos: la emoción, el desarrollo de la acción, la estimulación sensorial, la percepción.... En nuestro estudio la empleamos como una expresión artística donde, en palabras de Cross (2011) *las acciones requeridas para hacer la obra de arte son la obra de arte*. En este sentido, sus últimas investigaciones sostienen que la respuesta empática del observador hacia el objeto artístico es la clave del porqué el arte nos impacta como lo hace. Parece existir cierto impacto en nuestro cerebro de las diferencias entre las acciones en la vida real y las acciones que se representan en el arte, tratando con igual importancia tanto a los sustratos neurales de la experiencia estética como a nuestra manera de percibir las acciones. Para ellos, ejecutar una acción se solapa en el sistema motor con la huella de la percepción de esa acción. Se centran en el estudio de la *Bold* (Blood oxygenation level dependent (Ogawa, et al., 1993)) en las áreas motoras que componen la *Action Observation Network* (AON), es decir, el córtex premotor, parietal y occipitotemporal, que nos ayudan a decodificar el sentido de las acciones (Gallese, Keysers, & Rizzolatti, 2004; Rizzolatti & Craighero, 2004). Su experimento se realizaba con personas no expertas en danza y comparaba condiciones estéticas con situaciones de movimiento vs inmovilidad de los estímulos (videos de bailarines). Sus resultados indican que para no expertos, la observación de movimientos que les gustan estéticamente activa el lóbulo parietal inferior derecho y el giro inferior temporal y V5 bilateralmente, y que este dato correlaciona positivamente con los movimientos que además consideran más difíciles de ejecutar, pero de los que disponen en su repertorio, relacionando por tanto la habilidad con el gusto por un movimiento.

Los estudios de Calvo-Merino (Calvo-Merino, et al., 2006; Calvo-Merino, et al., 2008; Calvo Merino, Ehrenberg, Leung, & Haggard, 2010; Calvo Merino, et al., 2005) revelan que cuando un bailarín experto observa movimientos que están en su repertorio, la red compuesta por las áreas parietales y premotoras se implica en la comprensión de ese movimiento y nuestros

experimentos con bailarinas de flamenco corroboran que se pone en marcha el sistema de neuronas espejo, la teoría de la mente y el reconocimiento del yo motor (Gómez-Milán et al., enviado).

En este trabajo pretendemos corroborar los datos de la literatura ya existente aplicados al flamenco, verificando si los movimientos más bellos tienen un correlato fisiológico claro en el cerebro, en concreto en el córtex occipital bilateral y el córtex premotor derecho. En la misma línea queremos contrastar esa condición (observación de movimientos bellos) pero específicamente en flamenco y observados por expertas. Es decir, estudiamos también el papel de la experiencia en la activación cerebral ante la belleza, al comparar con condiciones similares de danza pero con menor experiencia: comparando las áreas diferenciadas en el visionado de estímulos de otra disciplina de la danza, el ballet clásico, donde nuestras participantes tienen menor experiencia (diez años en flamenco frente a cuatro en ballet).

METODOLOGÍA

Participantes. Diez bailarinas profesionales de flamenco, estudiantes de último curso de los estudios de Flamenco del Conservatorio profesional de danza de Granada, que llevaban al menos 10 años bailando en esta disciplina y de edad comprendida entre 15 y 26 años. Todas fueron preseleccionadas atendiendo a que sólo son expertas en un tipo de danza el flamenco, pero han recibido formación en ballet clásico durante al menos 4 años.

Todas las participantes eran diestras, sin historial psiquiátrico o neurológico y tenían visión normal o corregida durante la realización del experimento. Todas dieron consentimiento escrito al firmar el “Consentimiento informado de participación en estudio cerebral de bailarines expertos” facilitado por el departamento de Psicología Experimental, así como firmando el Consentimiento informado facilitado por el “Centro de Diagnóstico Granada S.A.”, donde se realizó la prueba funcional. En el caso de las participantes menores de edad sus padres firmaron el consentimiento. No recibieron compensación económica por su participación.

Materiales

Estímulos. Los estímulos fueron los videos presentados durante la realización de la fMRI, que se grabaron en una sesión previa, con varias semanas de diferencia y empleando una cámara digital “Sony Handycam”. Los movimientos presentados en la tarea experimental eran desarrollados por diferentes ejecutores, de acuerdo al diseño experimental:

-Una bailarina profesional de ballet clásico, con 15 años de experiencia en compañía local, que sirvió como modelo de los 24 pasos de ballet clásico presentados.

-Una bailarina de flamenco, con 10 años de experiencia en grupo de flamenco, que sirvió como modelo de los 24 pasos de flamenco presentados

Las caras de las ejecutoras se modificaron mediante un efecto de pixelado para asegurar que se procesaba la información corporal, y no procesos de reconocimiento de caras o emociones (ver figura 1 para ver ejemplos de los clips de video). La modelo bailarina de ballet y la de flamenco fueron seleccionadas por su similitud en el contorno corporal, edad, experiencia en su disciplina y estatura. Para lograr mayor similitud los movimientos se interpretaron en un estudio de danza de 8 m de largo, 4,50 m ancho y 3,5 m de alto, con un fondo blanco sobre el que se enmarcaba un espacio de referencia de 2,50 m de alto por 1,75 m de ancho, y en el que en un espacio de unos 6,5 m² participantes y modelos ejecutaban los pasos que servirían de estímulos. Todas las modelos vistieron indumentaria similar, maillot y leggins negros, para evitar el impacto del atuendo.

Ninguno de los videos llevaba sonido, y todos los pasos se igualaron en duración, ajustándose a 3 seg. Para facilitar la ejecución de las participantes durante la grabación de los pasos se empleó como sonido de fondo un metrónomo ajustado a segundos, que servía como marcador de ritmo.

Según el diseño del experimento, los estímulos eran clips de video de flamenco, que representaban pasos que habían sido seleccionados anteriormente como bellos o feos y clips de ballet con la misma selección. El proceso de catalogación de los clips de video como “bellos” o “feos” para cada disciplina se realizó con varias semanas de anterioridad. Un equipo de expertos formado por una profesora de ballet clásico, una experta en flamenco y una de las investigadoras (titulada en danza española) seleccionaron los movimientos a ejecutar como pasos en ambas disciplinas, para que fuesen similares en cuanto a 4 criterios (siguiendo el paradigma empleado por Calvo Merino y colaboradores en 2008: velocidad de ejecución del movimiento, parte del cuerpo empleada, localización del cuerpo en el espacio y dirección del cuerpo durante el movimiento. Se grabaron 31 pasos de flamenco y 31 pasos de ballet que estaban equiparados de acuerdo a los criterios descritos, con la bailarina modelo de cada especialidad. Todas las modelos llevaron indumentaria idéntica para la ejecución de los pasos, consistente en un maillot y leggins negros.

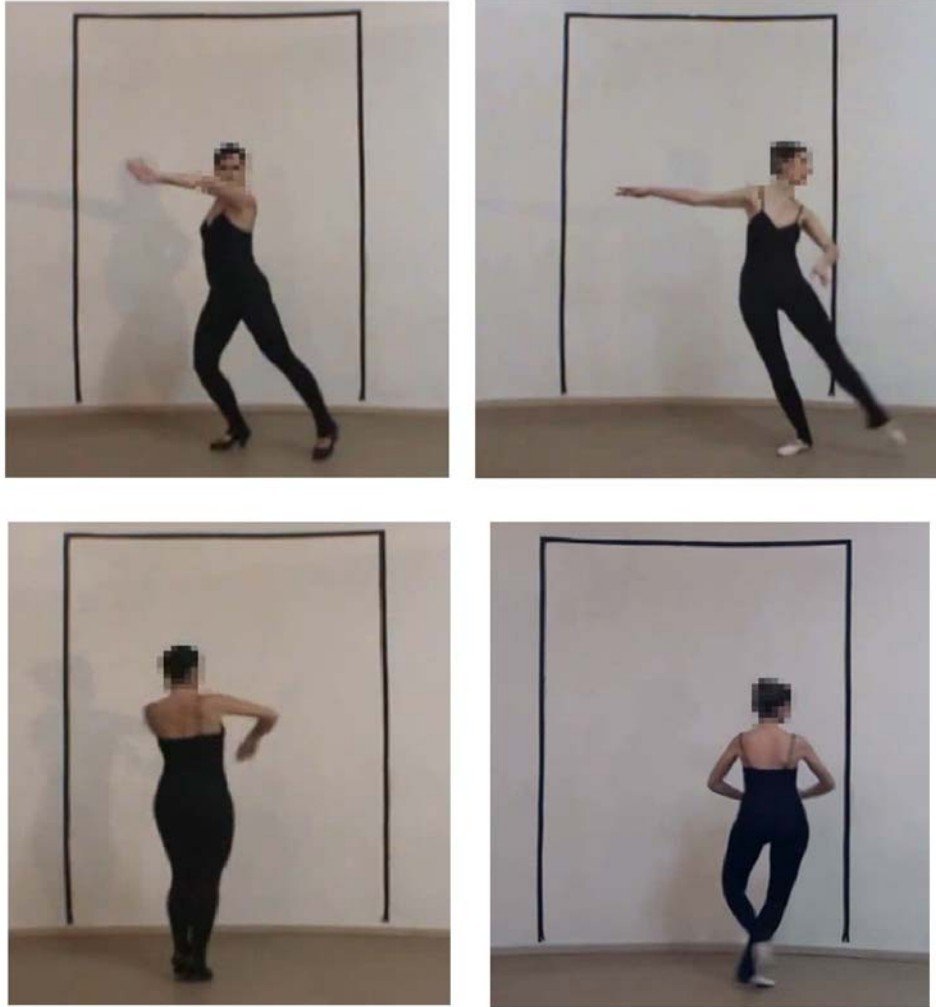


Figura 1: Bailarinas modelo ejecutando pasos de baile. Línea superior, paso de flamenco y paso de ballet equivalentes de la categoría bellos. Fila inferior, paso de flamenco y paso de ballet equivalentes en la categoría feos.

Para categorizar los pasos considerados bellos o feos, se elaboró un cuestionario donde se pedía a sujetos pertenecientes a población normal (no expertos) la valoración de los pasos en la escala Me gusta-No me gusta, con cinco valores, ya que es la única dimensión del *aesthetic questionnaire* que ha revelado relación con las bases neurales de la estimulación artística ((Calvo-Merino, et al., 2008) basado en Berlyne(1974)). Contestaron 116 personas al cuestionario. Los resultados obtenidos para cada clip de video fueron sometidos a un análisis estadístico para determinar qué movimientos se consideraban más bellos y cuáles más feos, atendiendo a las valoraciones de los participantes. Para hacer estas comparaciones se empleó la delta de Cohen (Cohen, 1988) y se alcanzaron los siguientes resultados (consultar tabla 1 para ver comparativas):

Movimientos de Flamenco: entre los 31 movimientos se determinaron como más bellos los 12 con más alta puntuación, atendiendo a la media y desviación típica de la muestra de valores obtenida. Puesto que se trataba de considerar estos movimientos como equivalentes a efectos de valencia para el experimento, se necesitaba comparar su valor en la muestra para conocer si la valoración obtenida en cada uno era equivalente a la del resto. Estos movimientos resultaron equivalentes entre sí, ya que en todas las comparaciones posibles la delta de cohen arrojó valores por debajo de 0,6. Entre los 31 movimientos se determinaron como más feos los 12 con puntuación más baja, atendiendo a la media y desviación típica de la muestra de valores obtenida. Estos movimientos resultaron equivalentes entre sí, ya que en todas las comparaciones posibles la delta de cohen arrojó valores por debajo de 0,6.

Movimientos de ballet: Entre los 31 movimientos se determinaron como más bellos los 12 con más alta puntuación, atendiendo a la media y desviación típica de la muestra de valores obtenida. Como en el caso de los movimientos de flamenco, los de ballet también debían establecerse como equivalentes, por lo que aplicando el mismo estadístico los datos mostraron de nuevo que los movimientos resultaban equivalentes entre sí, ya que en todas las comparaciones posibles la delta de cohen arrojó valores por debajo de 0,6. Entre los 31 movimientos se determinaron como más feos los 12 con puntuación más baja, atendiendo a la media y desviación típica de la muestra de valores obtenida. Estos movimientos resultaron equivalentes entre sí, ya que en todas las comparaciones posibles la delta de cohen arrojó valores por debajo de 0,6.

Para completar el proceso, los movimientos de ballet y flamenco debían ser, en la medida de lo posible, equivalentes entre sí de forma que los bellos de flamenco, se asemejasen a los bellos en ballet en cuanto a velocidad de ejecución del movimiento, parte del cuerpo empleada, localización del cuerpo en el espacio y dirección del cuerpo durante el movimiento. Para ello en la selección final se tuvo en cuenta que nunca se seleccionara uno de los pasos de flamenco como bello o feo si estaba en la categoría contraria en la selección de pasos de ballet clásico. El resultado fueron 12 clips de vídeo de flamenco equivalentes, considerados como bellos según los criterios de valencia establecidos, 12 clips de video de flamenco equivalentes entre sí considerados como feos, 12 clips de ballet considerados como bellos y 12 clips de ballet considerados como feos, también según el mismo análisis practicado a los datos de los encuestados.

Tabla 1: Valores de media y desviación típica de cada uno de los estímulos presentados a los 116 participantes encuestados para determinar si se consideran bellos o feos, según una escala likert del 1 al 5. Los valores de la *d* de Cohen (Cohen, 1988) calculada para obtener diferencias significativas entre cada uno de los estímulos de cada categoría entre sí, no fueron significativos (*d* < 0,6) mientras que la comparación entre los bellos y los feos en flamenco arrojó un valor de 1,75 y la comparación entre bellos y feos en ballet de 3,4, pudiendo considerarse por tanto como conjuntos estadísticamente diferentes.

tipo estímulo \ nº de paso de danza	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ESTÍMULOS DE FLAMENCO SELECCIONADOS		FG1	FG2	FG3		FH1	FH2	FG4		FG5	FH3	FH4	FH5	FH6	FG6	FG7		FG8	FG9	FG10	FH7	FG11	FG12	FH8		FH9		FH10		FH11	FH12
\bar{X}	3,5	3,9	3,5	3,4	3,5	3,4	2,9	3,8	3,5	3,7	3,4	3,4	3,3	2,7	4,1	3,8	3,6	3,4	3,8	3,5	3,4	3,3	3,3	3,1	3,6	3,4	3,4	3,4	2,7	2,8	
σ	1,0	0,9	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,3	1,0	0,9	1,1	1,2	1,0	1,1	1,0	1,2	1,0	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,1	1,2
ESTÍMULOS DE BALLET SELECCIONADOS	BH1	BG1	BG2	BG3		BH2	BH3	BG4	BH4		BG5	BH5	BG6		BH7	BG6	BG7	BH8	BG8	BG9	BG10		BG11	BG12	BH9		BH10	BH11			BH12
\bar{X}	2,9	3,2	3,5	3,7	3,2	2,6	3,0	3,2	3,0	3,1	3,3	2,9	3,2	3,4	3,1	3,3	3,0	3,0	3,4	3,5	3,6	3,4	3,7	3,5	3,0	3,3	2,8	3,0	3,3	3,3	2,7
σ	1,0	0,9	1,0	0,9	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,2	1,1	1,1	1,2	1,0	1,1	1,1	1,0

Selección de clips de pasos de baile que constituirán los estímulos de las condiciones bellos (G) y feos (H).

FGnº, estímulo de la condición flamenco bellos numerado del 1 al 12; FHNº, estímulo de la condición flamenco feo numerado del 1 al 12; BGNº, estímulo de la condición ballet bellos numerado del 1 al 12; BHNº, estímulo de la condición ballet feos numerado del 1 al 12

Diseño

Tarea fMRI. Los estímulos (clips de vídeo) se presentaban mediante unas gafas especiales con pantallas de cristal líquido compatibles para trabajos de fMRI. (Resonance Technology, Northridge, California, USA)

La tarea experimental se programó en E-Prime2 (Schneider, et al., 2002). Durante el experimento cada video se presentó 2 veces. Cada uno de los ensayos experimentales constaba de 3 clips de video, presentados sin intervalo temporal y equiparados dentro de sus características: misma disciplina y misma categoría (“bellos” o “feos”) de forma que los 12 clips de vídeo grabados para cada categoría se agruparon finalmente de 3 en 3 dando lugar a 4 estímulos específicos por condición.

Cada ensayo constaba de la siguiente secuencia:

Pantalla negra + punto fijación (3 seg.)

Secuencia de videos: Clip1 (3seg)

Clip2 (3 seg)

Clip3 (3 seg)

Pantalla de respuesta
(hasta alcanzar 15 seg)

El orden de presentación de los videos fue contrabalanceado de forma que cada condición se presentase el mismo número de veces, es decir los 8 estímulos de flamenco y los 8 estímulos de ballet se contrabalancearon y se presentaron 2 veces cada uno, siempre precedido y continuado por otro estímulo de diferente condición.

Adquisición de datos de imagen y preprocesamiento. Las imágenes de resonancia magnética funcional fueron adquiridas en un escáner Intera ACHIEVA de 3 Teslas (Philips Medical Systems, Eindhoven, The Netherlands), utilizando una antena de ocho canales. Se adquirieron 23 imágenes gradiente-echo planar (EPIs), sensible al contraste nivel de oxígeno en sangre (BOLD). Se utilizó una secuencia de contraste T2* de EPI con los siguientes parámetros: Tiempo de Repetición TR: 2 seg., Tiempo de Eco TE: 35mseg., *flip angle*= 90°. Para cada volumen, se

adquirieron 23 cortes axiales de 4 mm de anchura con un gap de 1mm. (Field of View FoV= 230x230 mm, matriz de reconstrucción 96x96). También se obtuvo una imagen estructural de alta resolución T1, con el fin de tener una imagen de referencia anatómica, con los siguientes parámetros: 160 cortes, TR = 8.3 ms, TE = 3.8 ms, flip angle = 8°, FOV = 240 x 240, vóxeles: 1mm³.

Análisis de RMF. Las imágenes funcionales se analizaron utilizando el software, Statistical Parametric Mapping (SPM8) desarrollado por (Wellcome Department of Cognitive Neurology, Institute of Neurology, Queen Square, London, UK), implementado en Matlab 6.5 R2009 (MathWorks, Natick, MA, USA).

El preprocesado de las imágenes consistió en el realineamiento tomando como referencia la primera imagen de cada serie, corrección del tiempo entre cortes, normalización a la plantilla EPI en el espacio del Instituto Neurológico de Montreal (MNI), y suavizado espacial mediante la convolución con un núcleo gaussiano 3D (FWHM=8mm).

Cada condición fue modelada durante los 9 segundos que aparecían los vídeos en pantalla, no incluyendo la pregunta ni la respuesta final. La respuesta BOLD en cada voxel fue convolucionada con la función de respuesta hemodinámica canónica (HRF) utilizando un filtro paso alta de 128 seg.

Teniendo en cuenta los objetivos del estudio, se definieron para cada participante, distintos contrastes de interés, combinando las condiciones de tipos de movimientos (Ballet, Flamenco) y condición estética (“Bellos” y “Feos”). Se generaron mapas paramétricos estadísticos de cada contraste t para cada participante. Para el análisis de grupo se realizó una prueba t de una muestra utilizando las imágenes de contraste previamente realizadas. Se estableció un umbral estadístico de $p < 0.005$ (sin corrección) con un tamaño mínimo de clúster (clúster extent $K_e = 10$), con lo cual se logra un balance apropiado entre los errores de Tipo I y Tipo II (Lieberman & Cunningham, 2009)

RESULTADOS

Analizaremos los resultados según las diferentes hipótesis planteadas en nuestro estudio. Para el procesamiento kinemático de la danza, lo importante es el seguimiento del movimiento del estímulo, en este caso del paso de danza. Para ambas danzas en conjunto, se presenta una activación de V5 (BA19) en el lado derecho obtenida en la comparación pasos

bellos (G) frente a pasos feos (H), con coordenadas 20/-96/18, $t= 5,56$ (Ver figura 2). De forma específica en el flamenco, en el análisis de los estímulos bellos frente a los feos se obtiene activación de esta área en el lado izquierdo con coordenadas -10/-102/6, $t= 6,67$. Cuando se realiza esta comparativa con estímulos exclusivamente de ballet, la activación es del lado derecho, con coordenadas 14/ -100/20, $t= 4,03$. En conclusión, en condiciones específicas donde se comparan movimientos bellos con feos existe activación significativa de V5 y existen diferencias de lateralización entre el ballet (donde no son expertas: lado derecho) y el flamenco (donde son expertas: bilateral). En la comparación contraria, movimientos feos frente a bonitos encontramos una activación derecha de BA19 (giro fusiforme de coordenadas 34/-60/-14, $t= 7,109$, mientras que en ballet no encontramos dicha correspondencia, aunque lo que se produce es una activación izquierda de BA22 y 39, el giro temporal medio y superior, de coordenadas -36/-56/ 22, $t= 8,76$.

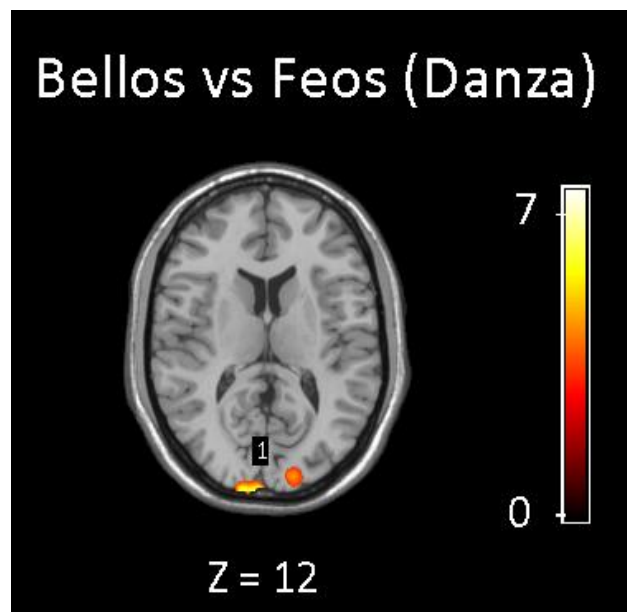


Figura 2: Imagen cerebral en la comparativa de condiciones Bellos > Feos en danza en general (Flamenco + Ballet), donde resulta significativa la activación del giro occipital medial. Z corresponde a la coordenada sagital y la barra vertical indica el valor t.

En cuanto a las activaciones del sistema neuroestético en el procesamiento de estímulos que más gustan, replicamos el efecto obtenido por Calvo Merino y colaboradores (2008) encontrando activación en el cúneo, el precúneo y el giro prefrontal (ver Tabla 2). Pero esta activación se obtiene exclusivamente en la comparativa de los movimientos bellos frente a los feos para la condición flamenco (ver figura 3 y figura 4). En la comparación donde se evalúan los estímulos de flamenco y ballet bellos frente a feos la activación de la AON no ha sido completa,

mientras que no ha habido resultados concluyentes respecto a las diferencias entre estímulos bellos y feos en el ballet clásico (Ver tabla 2).

Tabla 2: Activaciones Neuroestéticas: comparativa estímulos *bellos* > estímulos *feos*

<i>Activaciones Bold correspondientes a circuito de la neuroestética en el flamenco</i>							
Region	BA	Side	X	Y	Z	Volume (mm3)	t
C. Visual (AON): Precuneus	7	L	-8	-64	62	2.672	4,91
		R	14	-50	76	200	4,21
Cuneus: giro poscentral	17	L	-10	-102	6	7.304	6,67
C. premotor: giro precentral		L	-34	4	58	4.656	9,85
C. premotor: giro frontal superior	6	R	26	-4	70	936	5,61
<i>Activaciones Bold correspondientes a circuito de la neuroestética en danza (flamenco +ballet)</i>							
Cuneus: giro poscentral	17	L	-8	-104	6	2.752	7,47
<i>Activaciones Bold obtenidas en la comparación entre movimientos bellos frente a feos en la condición ballet</i>							
Middle Occipital Gyrus	18,19	R	14	-100	20	536	4,03

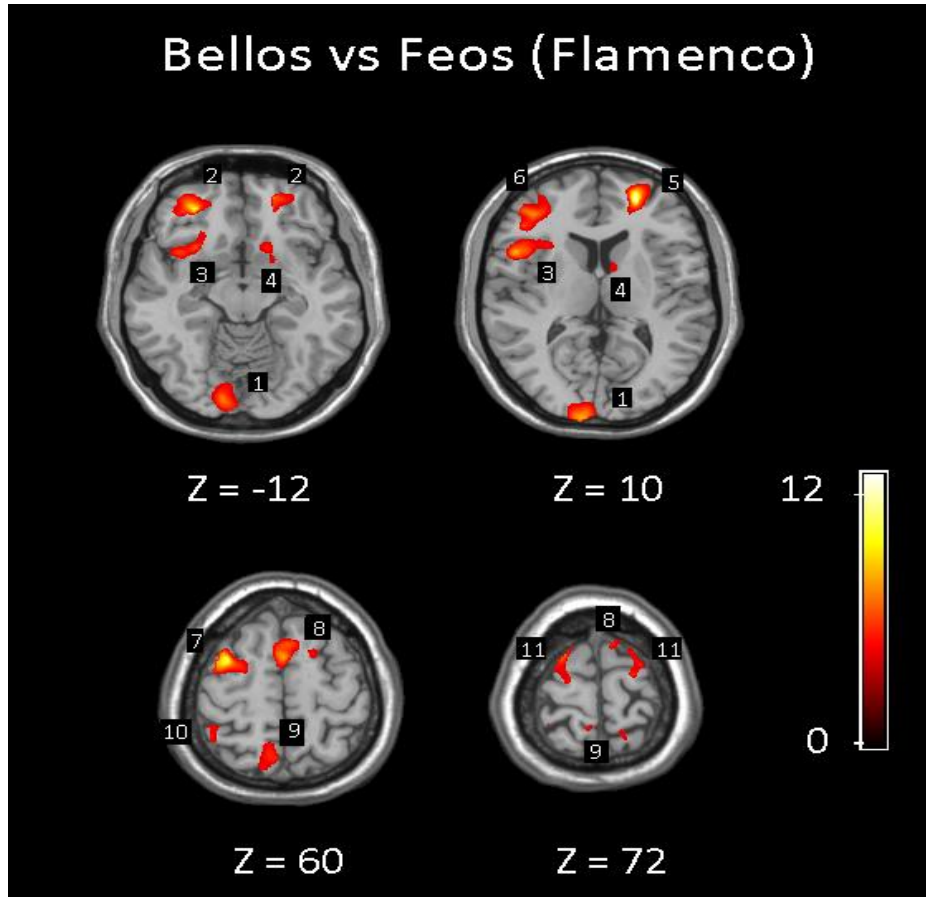


Figura 3: Imagen cerebral en la comparativa de condiciones Bellos > Feos en Flamenco, donde resulta significativa la activación de: 1.-Middle Occipital Gyrus, 2.-Orbitofrontal Cortex, 3.-Insula, 4.-Caudate, 5.-Medial Frontal Gyrus, 6.-Inferior Frontal Gyrus, 7.-Precentral Gyrus, 8.-Supplementary Motor Area, 9.-Precuneus, 10.-Inferior Parietal Lobule, 11.-Superior Frontal Gyrus. Z corresponde a la coordenada sagital y la barra vertical indica el valor t.

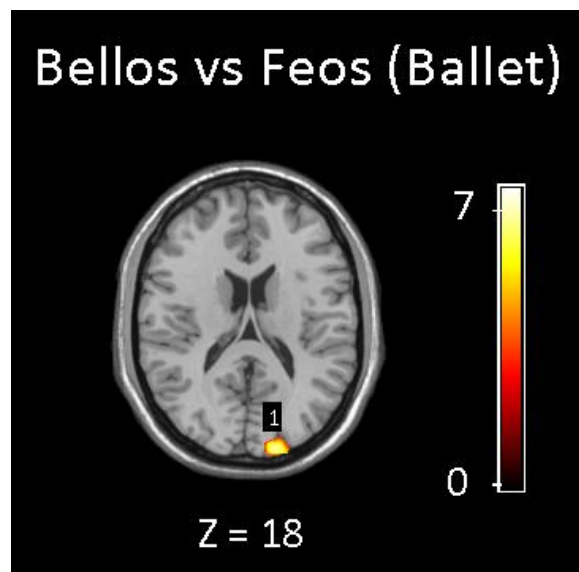


Figura 4: Imagen cerebral en la comparativa de condiciones Bellos > Feos en Ballet donde resulta significativa la activación del giro occipital medial. Z corresponde a la coordenada sagital y la barra vertical indica el valor t.

Puesto que el área de experiencia de las participantes es el flamenco, en la diferenciación de pasos *bellos* frente a *feos* se activan además: BA 9, 10 y 11, áreas prefrontales dedicadas a planificación, el procesamiento emocional, la atribución de la intención de los otros y el self Knowledge (Lieberman & Cunningham, 2009) y relacionadas también con la empatía cognitiva (Shamay-Tsoory, Aharon-Peretz, & Perry, 2009); la ínsula (BA 13) de forma diferencial, relacionada con la conciencia autonómica (Tsakiris & Haggard, 2005); también el área motora suplementaria, SMA (implicada en el patrón sensoriomotor (homúnculo) y el aprendizaje motor (Chaminade & Decety, 2002); SMA (BA6) en conjunción con BA 32 nos aporta información sobre el procesamiento del ritmo (Pineda, 2008; V.S. Ramachandran, 2012); el giro supramarginal (BA 40) donde reside el yo motor (V.S. Ramachandran, 2012); BA 47 que está implicado en el procesamiento fino de estímulos y la atribución de la intención de los otros (Northoff, et al., 2006) ; y los núcleos caudado y putamen de los ganglios de la base, vinculados a los procesos de aprendizaje, memoria y a los circuitos de placer, el caudado especialmente vinculado también a la distinción de la belleza visual (O'Doherty, Deichmann, Critchley, & Dolan, 2002) . Ver Tabla 3

Tabla 3: MIN coordinates of peaks of Relative Activation in the Cortical Regions where BOLD signals was higher en la comparación entre los movimientos bellos y feos de flamenco (condiciones FG>FH)

Region	BA	Side	X	Y	Z	Volume (mm3)	t
Superior & Medial Frontal Gyrus	10	R	22	50	8	6.728	12,368
Middle & Inferior Frontal Gyrus & Insula	11, 13, 47	L	-30	44	-12	18.792	8,9919
Supplementary Motor Área	6, 32	R/L	0	4	58	3.584	6,5734
Inferior Parietal Lobule	40	L	-44	-56	54	928	5,077
Precentral Gyrus	9	L	-56	12	32	792	4,9354
Orbitofrontal Cortex	47	R	48	44	-18	384	4,8388
Caudate		R	8	2	14	1.136	4,5304
Putamen		L	-16	6	-8	192	4,4028

DISCUSIÓN

La actividad cerebral se incrementa en el córtex premotor (sensoriomotor) bilateral y en el córtex visual bilateral cuando se observan movimientos calificados como bellos: el premotor forma parte del circuito de neuronas espejo (Chaminade & Decety, 2002) pero el lado izquierdo y derecho tienen diferente interpretación, parece que su activación responde a diferentes funciones. En nuestro caso se activan ambos, por lo que se dan procesos tanto de reconocimiento inicial del movimiento, que se ha asociado al lado izquierdo, como un análisis

más detallado del movimiento, asociado a la activación derecha, todos en el caso de ver movimientos bellos frente feos en la condición flamenco. Esto nos lleva a pensar que la experimentación con expertos permite profundizar más en el papel del córtex premotor, de manera que podemos replicar los hallazgos anteriores en materia de activación neuroestética que ya corroboró Calvo-Merino et al. (2008), concretando el papel de ésta área en cerebros expertos. El no encontrar estas activaciones en la comparación en la condición ballet hace más sencillo atribuir los resultados a un efecto de la experiencia motora que se gestiona en el córtex premotor (cuya actividad se asociaría al visionado de movimientos en los que el sujeto no solo está familiarizado sino que además es experto y por los que tiene especial interés).

Nuestro experimento aborda la neuroestética desde el punto de vista del experto, los participantes son todos expertos en flamenco, por lo que podemos intentar comprobar si la experiencia (Gómez- Milán, et al., enviado) influye en la valoración estética. Una posible vía de investigación centrada en graduar el nivel de experiencia y su relación con la belleza arrojaría datos sobre en qué momento de la adquisición de una habilidad interviene la estética de la misma.

En cuanto a la presencia de activación en circuitos dopaminérgicos vinculados al placer (O'Doherty, et al., 2002), al encontrar activaciones del caudado y el putamen en la comparativa entre movimientos bellos y feos, pensamos que es posible que exista una relación entre los movimientos que son estéticamente más bellos y la experiencia satisfactoria del ejecutor, del bailarín, lo que nos llevaría a pensar que quizás los movimientos que más gustan al público, cuando el bailarín los conoce, sean los más placenteros para este al ejecutarlos. La ausencia de esta activación cuando se trata de estímulos de ballet nos empuja a pensar que existe especificidad en la experiencia neuroestética para el flamenco y que sus correlatos anatómicos podrían ser exclusivos de las expertas.

Respecto a la activación de V5, el córtex estriado, hemos encontrado similitud tanto en la condición de movimientos *bellos* como en condiciones de movimientos *feos*. Nosotros interpretamos esto como un indicativo de que se está procesando información de movimiento, nada relacionado con la neuroestética.

Como ya apunto Calvo-Merino(2008), los coreógrafos pueden emplear la información sobre cuáles son los movimientos más bellos, neurológicamente hablando, para incluirlos en sus coreografías y ofrecer al público neurotargets. Además ya sabemos que, en cuestión de danza, el

público prefiere movimientos que considera más difíciles de ejecutar (Cross, et al., 2011); en términos neuroanatómicos, la interacción entre lo que nos gusta y la habilidad recae en las regiones occipitotemporales y parietales de la red de acción y observación. Sin ánimo de postular conclusiones que se puedan adaptar a la población en general, ya que nuestra población experimental era experta, sí que podemos apuntar que existe una relación entre lo que nos gusta y la habilidad que tenemos, debiendo profundizarse más en la dirección de esta relación mediante estudios en otras disciplinas artísticas con expertos y no expertos. Podría profundizarse en las otras dimensiones de la estética, además de la escala *like-dislike* que hemos empleado, como son la complejidad, la capacidad de resultar interesante, la tensión (energía) o la fortaleza de una obra artística, para buscar un patrón explicable a nivel de activación cerebral que esclarezca por qué nos gusta lo que nos gusta.

Capítulo 9: The Thermal Imprint of Flamenco

In this article we present the application of thermography to the set of movements in flamenco, seeking the existence of specific thermal patterns (the thermal imprint) of the dance compared to physical exercise and for each type of dance. In addition, we try to relate this thermal imprint to the dancers' capacity for technical execution, to the cerebral areas activated in experts when observing dance movements (system of mirror neurons) and involved in the detection and regulation of body temperature. Lastly, we are seeking a somatic marker of a qualia specific to Flamenco, the 'duende' of flamenco. Our results support the existence of a temperature differentiation in numerous zones of the body when the dance is practised, in comparison with physical exercise. We obtain a thermal imprint specific to Flamenco: a greater drop in the temperature of the gluteus and a rise in temperature of the forearms when compared to Contemporary dance and Ballet. The lower the temperature of the gluteus, the more empathetic stress and the less emotional comprehension of the dancers. The better the technique, the less empathy. Moreover, the flamenco 'duende' correlates positively with technical quality and negatively with temperature of the gluteus, so it is in the gluteus that a somatic marker of the flamenco 'duende' may reside. With respect to the human mirror system, the dancer's technique correlates positively with cerebral activation of BA3 and 4 when observing Flamenco videos. The Flamenco duende score correlates positively with the cerebral activation of BA2, 5, 7 and the insula when observing Flamenco videos. These results are discussed in terms of action and visceral self and their relationship with qualia.

The application of thermography to different human behaviours has become widespread in the last twenty years. Its application to sport is fairly recent, mainly in the last decade, and has focused on the processes of heat diffusion in the joints.

The processes of heat homeostasis in the human body after exercising show a simple pattern: at the start of the motor activity, a vasoconstriction of the blood vessels in the skin is produced and when the temperature of the limbs involved in the movement rises, a vasodilatory response is generated to disperse the heat produced (Ferreira, et al., 2008). As Ferreira and his collaborators quote, according to Kenny et al. (2003), the temperature of a body tissue at a

particular moment depends on the ratio of heat produced-lost, which in the case of the muscles refers to the metabolic exchange of the surrounding tissue and blood circulation. The studies on changes of temperature in the muscles and also in the skin (Krustrup, González-Alonso, Quistorff, & Bangsbo, 2001) indicate to us that the dispersion of heat in the muscles is uniform but that the use of direct sensors in muscles or skin can affect the measurement to a considerable extent (Vainer, 2005). It is for this reason that the application of thermography to new sets of movements seems the most appropriate technique to find out whether specific thermal patterns exist for specific physical activities.

We must take into account some basic findings regarding changes in body temperature. According to the studies of Ferreira et al. (2008), in normal conditions a thermal symmetry of the body exists before any kind of sporting activity is carried out and there are no significant differences in the subsequent temperature of the limbs involved. However, there are differences between the side that has performed the exercise (whose temperature rises) and the contralateral (whose temperature drops). The vasoconstriction of the particular exercise performed, for example lifting weights, seems to delay the homeostatic recovery of the limbs in older people compared to younger ones (Zontak, Sideman, Verbitsky, & Beyar, 1998). In general, considerable difficulty has been detected in older people in re-establishing muscular thermal equilibrium after physical activity (Inbar, Morris, Epstein, & Gass, 2004). The thermal reaction of the contralateral limb is explained by the mechanism of vasoconstriction described by Vainer (Vainer, 2005), by the fact that vasoconstriction in some parts of the body allows the accumulation of blood in the muscular mass where it is needed at that moment. The sources of investigations such as this one are found in studies on changes of temperature in parts of the body other than those exercised, in which the temperature (and therefore the blood flow) in the hands is reduced in the first few minutes of carrying out exercise with the legs.

The studies of Krustrup, González-Alonso, Quistorff and Bangsbo (2001) show that muscular temperature during the continuous performance of physical exercise increases, although in a less intense way than when the physical exercise is produced in an anaerobic fashion and for a short time. However, according to Zontak, Sideman, Verbitsky and Beyar (1998), the constant performance of an exercise (for example, for twenty minutes) shows a temperature pattern that undergoes an initial descent, a later increase and an almost static stabilisation during the remaining time, seeking a balance between the hemodynamic and the thermoregulatory processes.

In this study we are going to relate these investigations to the application of thermography to dance, attempting to discover the muscular behaviour in intense physical exercise and distinguish whether specific thermal patterns (a thermal imprint) exist for dance compared to mere physical exercise of similar intensity, and for each type of dance specifically.

Our investigation presents some differential characteristics: our sample is young (aged between 15 and 26) and for this reason the processes of loss of muscular mass and reduction in metabolism do not intervene (Goldspink & Harridge, 2004; Inbar, et al., 2004); we use global movements of all parts of the body (trunk, head and extremities) so we can concentrate solely on the changes of temperature evident in the performance of exercise; we do not use any additional element, neither weights as in the studies with sportsmen and women nor the accessories appropriate to dance, such as clothing or footwear.

Our objective is to study the thermal pattern of the body in dance, in various types of dance, with a special emphasis on flamenco above all. We use thermography as a physiological or somatic marker (Damasio, 1993) of motor, cognitive and subjective processes, as we explain subsequently. Dance has a series of quantitative aspects in common with physical exercise (associated with the intensity and duration of the exercise) and other differentials: it is a complex skill which must be learnt, it has qualitative aspects such as sensuality or 'duende' in the case of flamenco. The Dictionary of the Real Academia Española defines this as having a mysterious and ineffable enchantment (1780). Goethe defines it as a mysterious power felt by everyone that no philosophy can explain. You have it or you don't (Webster, 2004). Federico García Lorca defined it as an effective intuition (García-Lorca, 1933). That is to say, we are seeking a somatic marker (thermal changes in the body) of a qualia (the flamenco 'duende'). To summarise, we are attempting to study whether there exists a thermal imprint specific to flamenco, whether it is related to the capacity for performance (capacity of technical execution), with the cerebral areas in experts involved in watching dance movements (system of mirror neurons) (Calvo-Merino, et al., 2008), and in the regulation of body temperature such as BA1, BA2, BA5, BA7 and the insula (Gelnar, Krauss, Sheehe, Szeverenyi, & Apkarian, 1999; Olausson, et al., 2005; Reed, Klatzky, & Halgren, 2005) as well as with 'duende'. The practical aim of this study is to obtain a thermogram of flamenco dancers during different physical activities.

Experiment 1

METHODOLOGY

Participants: Ten professional flamenco dancers, students in their last year of Flamenco studies at the professional dance Conservatory of Granada, who had been dancing in this discipline for at least ten years and were aged between 15 and 26. All the participants were right-handed, without any history of psychiatric or neurological problems and with normal or corrected to normal vision during the execution of the experiment. All gave their written consent, signing an “Informed consent to participate in the cerebral study of expert dancers” facilitated by the Department of Experimental Psychology. In the case of participants who were minors, their parents signed the consent form. They did not receive any economic recompense for their participation. All were preselected, on the basis that they were expert dancers in only one type of dance, flamenco, but had received training in contemporary dance and Ballet (at least 4 years). They knew each other, on a personal level and as dancers.

Equipment: Thermographic camera ThermoVision A320G Researcher Infrared Camera, with a sensitivity of 0.07° to 30°C of difference. The work was carried out at a level of between 19°C and 38°C (this level is within the sensitivity of the camera). The camera was placed on a tripod at a distance of 110cm from the floor and 100 to 120cm from the participants and the height was manipulated so as to capture the whole body of the participants. The camera had automatic focus and this was always used. To capture the signal, a laptop PC with the programme Researcher TermaCAMP 2.9 was used, software that allows continuous recording during the measurement of each condition, with an interval of 8 frames a second.

The experiment was carried out in a closed room of around 40 sq metres which had a changing room next to it. The thermographic camera, the computer and the experimenter were positioned in the middle of the room, aimed towards the subject. To capture the image correctly, the subject was asked to perform the movements within a defined space of approximately 9 sq metres. The temperature of the room, measured with an external thermometer, was found to be between 23° and 25.5°C and no cooling apparatus was needed to maintain it (the room was in a basement which maintains an almost constant temperature throughout the same season). The humidity was 50%.

Design: Four different thermal conditions were measured: baseline (with the dancer at rest), henceforth LB; performing a series of sports exercises (D), performing a contemporary dance choreography (C); and dancing a flamenco choreography (F). With the exception of LB, which

lasted 5 seconds and was taken after a 15-minute adaptation to the room, the remaining performances had a duration of between 4 min. 50 sec. and 5 min. 30 sec. according to the criterion of the dancer. The sequence of sports movements had been sent to the dancers beforehand so that they could practise them. The exercises were of a simple type: running on the spot for 2 minutes, jumping on two legs, turning their arms in the same direction... that kind of thing until five minutes had passed. In the case of the contemporary and flamenco dance choreographies, the dancer was given the freedom to perform a dance that conformed to the instruction: "a dance that you know, that you feel comfortable with and that makes you feel good when you dance it, expressing whatever it says to you." The thermographic shot for each condition in movement was carried out during and immediately after each dance, always in the same position. Between each session of movements, a rest time of 15-minutes was interposed.

Procedure: The protocol for measurement with thermographic cameras (Ring & Ammer, 2000) demands a certain preparation of different aspects of the thermography measurement to be brought out: the part of the skin to be studied must not be covered with fabric as thermography captures the whole temperature; subjects must be prepared for the recording but at rest for between 10 and 15 minutes, adapting to the temperature of the room; the temperature of the room must be between 18° and 25°C. In our procedure, the dancer was received on entering the room and asked to get changed, keeping on only an undergarment that covered the genitals, preferably a tanga, and to stay seated for 10 minutes on a stool in the changing room, adjacent to the studio. After this time, the dancer entered the studio and received instructions similar to the following: we are now going to record your movements performing different exercises; we will first take a static image at rest and then indicate to you the nature of the exercises to be performed. The stance you must adopt for the static image and after each dance is the following: (here the experimenter demonstrates the pose, which consists of remaining still on one leg to expose the inner surface of one of the legs and the frontal of the other, with arms at right angles and palms towards the observer; the same position was also adopted with the back turned (see Figure 1). Each participating dancer was first recorded in the LB shot, which shows an initial thermogram of the whole body, and after performing the sequence of D, C and F (sport, contemporary and flamenco). By way of control, the whole sequence of each dance was recorded.

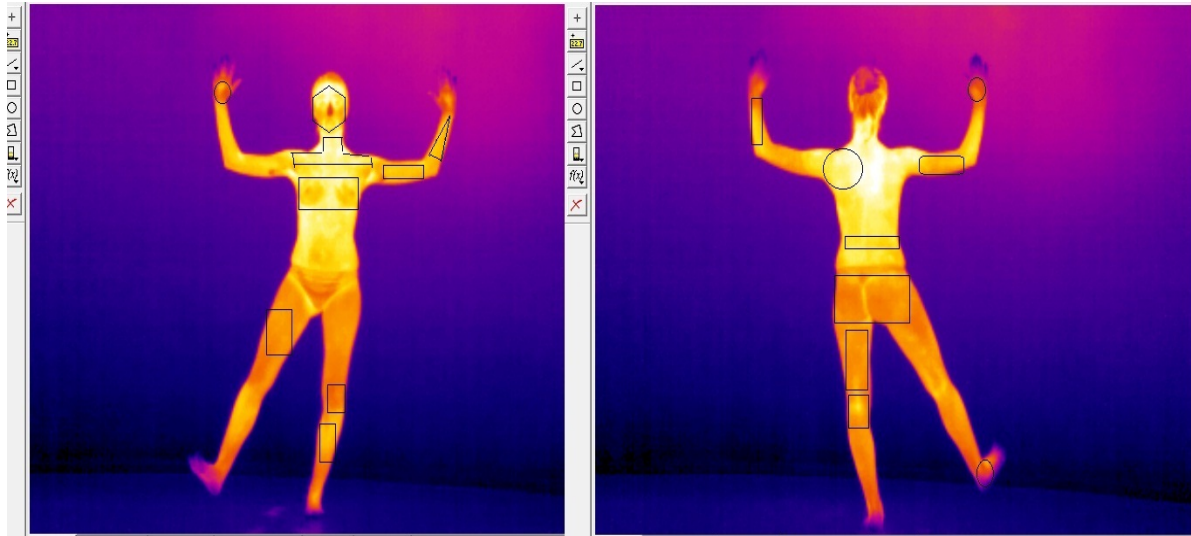


Figure 1: Thermogram of a participant in the front and back poses adopted after each experimental condition and in baseline. The boxes in black define the zones studied where significant differences were found.

RESULTS

The first analysis shows the average temperatures for different zones of the body, analysed by areas of interest⁴ (ROI can be seen in Figure 1) (Uematsu, 1986), according to the thermogram of each dancer in each condition. Can be seen in Table 1.

Table 1: Average and typical deviation of temperature for the different parts of the body analysed for the 10 dancers.

PART OF THE BODY	Base line (lbase)		Sport		Contemporary		Flamenco	
	\bar{X}	σ	\bar{X}	Σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	Σ
front forearm	33.9	1.3	33.2	1.5	30.9	0.9	32.2	1.0
front arm	33.9	1.3	33.4	1.0	31.6	1.0	31.5	0.9
face ⁵	36.1	0.4	35.6	0.5	34.2	1.0	34.5	0.8
front neck-shoulder	36.2	0.5	35.8	0.5	34.1	1.2	34.7	1.6
front thigh	35.0	1.0	34.5	1.0	32.7	0.9	33.2	1.3
front palm	35.0	1.8	34.5	2.1	32.7	0.7	33.2	0.7
front calf	34.0	0.9	33.5	1.3	32.2	1.1	32.3	0.9
front breast	35.1	0.9	34.5	1.0	32.9	1.4	33.2	1.5

⁴ The same parts of the body were studied from the front and the back. In Figure 1 we only highlighted those areas that produced statistically significant results.

⁵ The face was broken down into cheeks, orbicular zone and nose. These data are not offered because no significant differences were found. For this reason we referred to this measurement generically as 'face'.

front knee	35.2	1.1	34.7	1.0	33.1	1.3	33.5	1.4
back forearm	33.9	0.9	33.3	0.8	32.1	0.9	33.5	1.2
back arm	33.3	1.2	33.2	0.5	31.8	0.8	32.0	0.9
ankle and heel	31.7	1.2	31.6	1.2	30.5	0.9	30.3	1.2
back waist	32.9	1.1	32.8	1.5	31.2	1.7	31.1	1.8
back knee	33.2	0.9	33.6	1.2	32.4	0.9	31.8	0.9
back hand	33.0	1.6	32.9	1.9	31.6	0.8	31.7	0.9
back shoulder	35.6	1.1	35.2	0.7	33.6	1.0	33.6	1.5
back thigh	32.5	1.2	32.5	1.0	31.2	0.8	30.9	1.0
gluteus muscles	31.4	1.1	31.3	1.1	29.5	0.8	28.6	1.0

Table 2 shows the results of the comparisons between different parts of the body using Cohen’s *d* statistic (1988) to establish the differential thermal pattern of each experimental condition.

Table 2: Comparison of temperature of those parts of the body analysed, using Cohen’s *d* (Cohen, 1988) to establish large significant differences between experimental conditions ($d > 0.8$). Indicated in red.

	lbase-sport	lbase-contemp	lbase-flamenco	sport-contemp	sport-flam	contemp-flam
front forearm	0.5	2.7	1.5	1.9	0.8	1.4
front arm	0.4	2	2.2	1.8	2	0.1
face	1.1	2.7	2.7	1.8	1.7	0.3
front neck-shoulder	0.8	2.5	1.4	2	1	0.4
front thigh	0.5	2.4	1.6	1.9	1.1	0.4
front palm	0.3	1.8	1.4	1.3	0.9	0.7
front calf	0.4	1.8	1.8	1.1	1.1	0.1
front breast	0.6	1.9	1.6	1.3	1	0.2
front knee	0.5	1.7	1.4	1.4	1	0.3
back forearm	0.7	2	0.4	1.4	0.2	1.3
back arm	0.1	1.5	1.2	2.1	1.7	0.2
ankle and heel	0.1	1.1	1.2	1	1.1	0.2
back waist	0.1	1.2	1.2	1	1	0
back knee	0.4	0.9	1.6	1.1	1.7	0.7
back of hand	0.1	1.2	1	1	0.9	0.1
back shoulder	0.4	1.9	1.5	1.9	1.5	0
back thigh	0	1.3	1.5	1.4	1.6	0.3
gluteus muscles	0.1	2	2.7	1.9	2.6	1

Lbase: base line; contemp: contemporary dance; sport: sports exercises; flam: flamenco dance

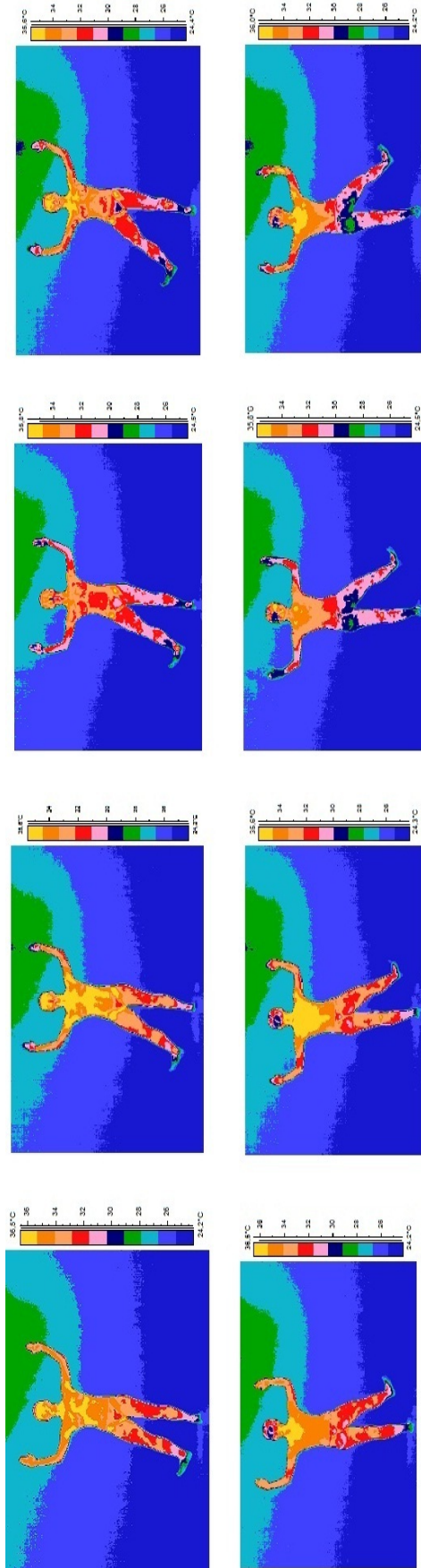
DISCUSSION

The first notable difference is that body temperature when the subjects had not carried out any activity, that is at the baseline, and temperature after performing 5 minutes of aerobic sports activity did not vary significantly ($\Delta < 0.8$), except for the face and the back of neck-shoulders. With respect to dance, all the zones of the body evaluated thermographically showed statistically significant thermal changes ($\Delta > 0.8$), both when we compared the baseline temperature with the temperature after performing 5 minutes of contemporary dance and when we compared it with 5 minutes of flamenco dance. The only zone that did not show this statistical result was the back of the forearm for flamenco.

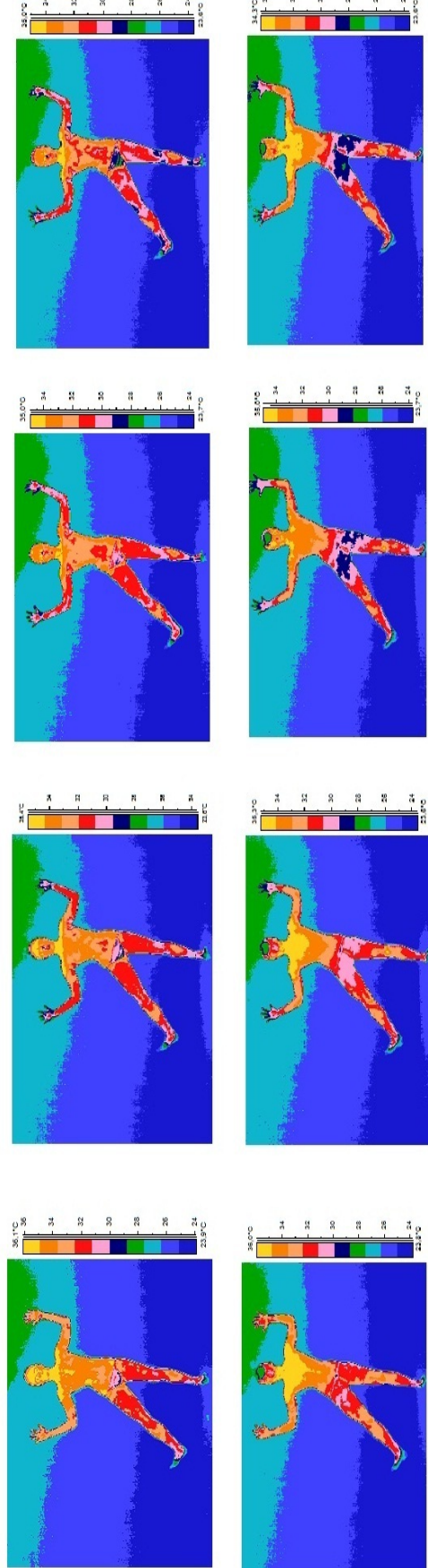
Regarding the comparison between sport and dance, all the values compared for different parts of the body showed a significant difference in temperature when physical exercise was performed as opposed to dancing, whether it was contemporary or flamenco ($\Delta > 0.8$). The only zone that escaped this tendency was the back of the forearm for flamenco (as in the comparison between baseline and flamenco).

The comparison between types of dance, contemporary and flamenco, showed significant values ($\Delta > 0.8$) in three body zones: the front and back of forearm (which showed a higher temperature in flamenco) and the gluteus (which showed a lower temperature in flamenco).

In conclusion, the zones we can examine in more depth in this thermal study of flamenco are the forearms and the gluteus, bearing in mind also that a general thermal difference exists between practising any kind of dance and practising sport, the thermograms presented being different. The thermal imprint of flamenco could be in the low temperature of the gluteus muscles in relation to the baseline, sport and contemporary dance and the higher temperature of the forearms compared to contemporary (see Figure 2). A later comparison between Ballet and Flamenco with five dancers from our study produced this same difference: lower temperature in the gluteus muscles and higher temperature in the forearms for flamenco.



Thermogram of P-participant 06: top row, view from the front in baseline, sport, contemporary and flamenco conditions; bottom row, view from the back in the same conditions



Thermogram of Participant 09: top row, view from the front in baseline, sport, contemporary and flamenco conditions; bottom row, view from the back in the same conditions

Figure 2: Complete thermogram of two of the dancers, 06 in the two upper rows and 09 in the two lower rows, front and back view in each of the four conditions (LB, D, C, F).

Experiment 2

In this experiment more information about the relationship between body control of temperature and the cerebral image of flamenco was sought. The results of the study by Salazar-López, Verdejo, Rubio, Iborra, González and Gómez-Milán (Salazar-López, et al., enviado) and also Salazar (2012) served as a foundation. In these studies, the cerebral image of expert flamenco dancers was traced, comparing the viewing of flamenco stimuli with those of sport. The dancers watched other dancers performing flamenco or sports movements while submitting themselves to fMRI. The results indicate a greater activation of the human mirror system in flamenco similar to the results found by (Calvo-Merino, et al., 2008) for Ballet, specifically: an activation of the zones linked to the mirror neurones system, that is to say, the bilateral premotor cortex (including the precentral gyrus) and the upper temporal sulcus and left parietal cortex, when the dancers see specifically flamenco stimuli as opposed to other dances. This has been designated the expert effect (Calvo Merino, et al., 2005).

To learn about the participants, equipment, experimental design and procedure, consult the article by Gómez-Milán, Salazar-López, Verdejo, Rubio, Iborra, González & Rodríguez-Artacho (enviado), conducted with the same dancers as the current study. Specifically, we are attaching the expert effect in the comparison between seeing Flamenco stimuli (in first and third person at 50%) and physical exercise (stimuli in first and third person at 50%), with the dancers participating in this study. See Table 3.

Table 3: MIN coordinates of peaks of Relative Activation in the Cortical Regions where BOLD signals were higher in the Brodman areas (BA) when comparing flamenco movements to sports movements from Salazar (2012)

Region	Side	BA	X	Y	Z	Volume (mm3)	T
Inferior Frontal Gyrus	L	9, 44	-60	6	18	1.936	9,37
Precentral Gyrus, SMA	L	6	-44	0	28	6.832	9,27
	R		26	0	56	6.584	9,35
Dorso Lateral Prefrontal Cortex	R	46	48	30	20	1.000	5,92
Temporal Lobe	R	37, 39	42	-60	14	5.328	8,68
Inferior Frontal Gyrus	R	9	54	14	34	336	6,82
Precuneus	R	5	10	-48	62	456	5,33
Postcentral area	R	2	36	-32	44	840	5,25
Inferior Parietal Lobule	L		-54	-40	22	720	8,21

Superior Parietal Lobule	R	7	20	-78	54	456	5,28
Middle Occipital Gyrus	L	19	-48	-80	-2	1.504	7,6
Cerebellum	R		40	-58	-34	496	8,42
Pallidum	L		-10	4	2	600	7,33
	R		14	-2	-2	1.264	8,31
Putamen	R		20	6	-2	2.360	7,21
	L		-18	14	0	1.072	7,31

It is notable that many of those areas that are activated differently in flamenco, such as BA2, BA5 and BA7, although in this case not the insula, play a part in the detection and/or regulation of body temperature, (Bernal & Perdomo, 2008). However, the insula does activate in the expert effect for videos exclusively in the first person (Gómez- Milán, et al., enviado) (Salazar-López, 2012). In this second experiment we analyse the cerebral areas related to control of temperature, such as BA1, 2 and 3, associated with the localisation of temperature (Gelnar, et al., 1999), BA5 and BA7 associated with the localisation of touch and the perception of pain (Reed, et al., 2005) and BA13 (the insula) associated directly with the processing of temperature (Olausson, et al., 2005).

METHODOLOGY

To measure empathy, we used the TECA test (López Pérez, et al., 2008), which produces general values and on four subscales: Adoption of Perspectives (AP), which concerns the capacity to put oneself in another person's shoes (as if we were in third person); Emotional Understanding (CE), which demonstrates the capacity to understand the emotions, intentions and impressions of others (as if they were in first person); Empathic Stress (EE) or the capacity to tune into the negative emotions of others; and the Empathic Happiness scale, which refers to the capacity to feel the positive emotions of others.

Given that the participants were students in their final year of flamenco at the Conservatory of Dance, we had available their grades from the previous years in the following subjects: dance techniques, Spanish dance, flamenco, song accompaniment study, guitar accompaniment study, workshops in choreography, interpretation and music. The technical assessment we used was an average of their grades in these subjects.

To measure the 'duende', we asked the participants to evaluate their colleagues according to the 'duende', awarding 1 point if they had it and 0 points if they did not (the maximum 'duende' achievable was 9 points).

RESULTS

We obtained the pattern of cerebral activation for each dancer, in the condition of observing flamenco compared to sport in the cerebral areas linked to temperature that were activated in a significantly different way (described in Table 3) or not (as in the case of the insula or BA1). See Table 4.

Table 4: MIN coordinates of peaks of Relative Activation in the Cortical Regions where BOLD signals were higher in the Brodman areas (BA) indicated for each dancer when observing stimuli of flamenco compared to sport.

Dancer\BA	BA1	BA2	BA3	BA4	BA5	BA7	BA13
1	-1.0974	-0.379	-0.3704	-0.2463	0.2798	0.6764	-0.4447
2	-0.4469	0.0347	0.3636	0.4315	0.0629	-0.6365	-0.3033
3	0.8649	0.5374	0.5108	0.4035	0.4756	-0.1116	0.2305
4	-0.2944	-0.0177	0.0598	-0.0374	0.3715	0.5272	-0.221
5	-0.1552	0.2195	0.8846	1.031	1.3104	1.3101	0.3924
6	-0.8679	-0.1855	-0.1007	-0.1488	-0.3449	0.1366	-0.4327
7	-1.9172	-1.8384	-1.4404	-1.5312	-1.6583	-1.2904	-1.0152
8	-0.2513	0.3253	0.7966	0.8999	0.9745	1.245	0.4948
9	0.4256	0.568	0.1294	-0.0212	0.6923	1.4075	-0.1007
10	0.6746	0.8644	0.7639	0.6965	1.1521	1.5043	-0.0001

With respect to the results linked to empathy, technical grade and 'duende' (see Table 5), we extracted results corresponding to Salazar (2012) thesis, since we were working with the same dancers. The correlational analysis of these data with the cerebral areas presented in Table 4, referring to the comparison of the flamenco condition with sport allows us to establish the following significant correlations ($p < 0.05$): between BA3 and BA4 and the technique of the dancers, 0.84 and 0.87 respectively; BA1,2, 5, 7 and 13 correlate with the 'duende' in a positive way 0.84, 0.87, 0.90, 0.81 and 0.82 respectively; the above areas show a high correlation among themselves, between 0.86 and 0.92; for empathy, the subscale Empathic Happiness (AE) correlates negatively with BA4 (-0.83).

Table 5: Grades on the TECA scale of empathy, technical grade (academic) and ‘duende’ (internal judges) extracted from Table 7 of Gómez-Milán, Salazar-López, Verdejo, Rubio, Iborra, González & Rodríguez-Artacho (enviado).

SUBJECT	TECA SCALE					PC TOTAL	TECHNIQUE (0-10)	DUENDE
	AP	CE	EE	AE	PD TOTAL			
1	27	25	18	29	99	10	6.95	5
2	22	28	21	30	101	15	7.10	7
3	23	25	19	28	95	4	7.40	6
4	27	28	20	32	107	20	6.00	2
5	28	32	22	26	108	25	7.40	6
6	24	28	25	26	103	15	7.10	3
7	34	26	23	34	117	40	5.62	2
8	27	30	19	30	106	20	6.20	4
9	28	28	16	31	103	15	6.30	7
10	26	24	20	30	100	10	7.90	8

In the comparison in terms of thermal change between flamenco and aerobic exercise set out in Experiment 1, we obtained the result that global empathy in direct score and percentile score correlate with thermal change in (back of) shoulders, 0.82; arms, 0.94; gluteus, 0.87; thigh, 0.91; forearm, 0.88 and palm, 0.87. The Empathic Stress subscale (EE) correlates with the thermal difference between flamenco and sport in the area of the gluteus, 0.94; the Adoption of Perspectives (AP) subscale in the same thermal comparison correlates with thermal change in the zone of the arm, 0.84. The direct temperature of the forearm in the flamenco condition (without comparing it with the thermal value in sport) correlates negatively with Empathic Happiness (AE), -0.86. The Emotional Understanding subscale (CE) correlates with the direct temperature of the gluteus, 0.94, always in the flamenco condition. The ‘Duende’ on the other hand, correlates negatively with the direct temperature of the gluteus when the dancer performs flamenco moves, -0.88, while the technical quality correlates, also negatively, with AP

and AE, TECA subscales -0.84 and -0.82 respectively. The correlation between 'duende' and technical quality is 0.44 but not significant.

DISCUSSION

Given that the dancers have low empathy (the majority below 20%), technical quality shows a trade-off with empathy (the more empathy, the less technical quality). In cerebral terms, the sensory-motor activations correlate positively with technical quality (BA3 and 4) and negatively with empathy. With regard to 'duende', this correlates positively with the cerebral activations of the insula and the sensory-motor areas BA2, 5 and 7.

With respect to the thermal imprint of flamenco, the temperature difference in different parts of the body (less in flamenco than in sport) correlate positively with empathy: the bigger the difference, the greater the empathy. Empathic understanding correlates positively with the direct temperature of the gluteus in flamenco (the higher the temperature, the more CE) and the adoption of perspectives with the direct temperature of the forearm (the two thermal markers, gluteus and forearm, of flamenco); but the direct temperature of the gluteus in flamenco is associated negatively with 'duende'. The technical grade, in turn, correlates negatively with adoption of perspectives and empathic happiness.

That is to say, the flamenco 'Duende' is linked to technical quality but this does not explain it (about 18% of common variance); in addition it is linked to the cerebral activation of areas BA2, 5 and 7 (that is, with the somatotopic representation of the body in movement) and the insula (linked to autonomous self-awareness); taken as a whole, with the union of the body ego in movement and the visceral ego (V.S. Ramachandran, 2012). These areas, in turn, play a part in thermal detection and regulation, which means that a somatic marker of 'duende' is the temperature of the gluteus (the lower the temperature of the gluteus, the more 'duende') and a behavioural marker of the temperature of the gluteus is empathy, especially emotional understanding (the more CE, the more direct temperature) and empathic stress (the higher the EE, the less temperature). Therefore, indirectly, 'duende' is associated positively with the contagion of stress or negative emotions (flamenco is considered a dramatic dance) and negatively with empathic understanding or a third person point of view.

Experiment 3

The aim of this experiment is to register the thermogram of the dancers when they see flamenco stimuli, that is, videos of flamenco dances. Our attention is focused on studying the areas that are the thermal markers of flamenco, to be specific, the forearm and the gluteus above all, to test whether significant variations in temperature exist when observing flamenco, with a similar logic to that of touch-mirror synaesthesia (Banissy & Ward, 2007; Iborra, Salazar-López, & Gómez-Milán, *enviado*), which has been linked to the mirror system. We have noticed a greater activation of the mirror system in the observation of flamenco by experts (Salazar-López, *et al.*, *enviado*) and a relationship between thermal changes when flamenco is performed by experts and the activation of cerebral areas of the mirror system when observing flamenco, also linked to the detection and regulation of temperature.

METHODOLOGY

Participants: The same dancers as in Experiments 1 and 2.

Apparatus: The same thermographic camera was used as in Experiment 1 in the same room. A PC with DVD player was added for the stimulus presentation; it was placed on a table, at about 1.5m from the participant and at an angle of 45° to her head to avoid the heat given off by the PC affecting the registration of the camera, which was opposite the subject, in the same conditions as in Experiment 1.

Design: The fitting out of the participants was similar to that of Experiment 1. In this case, the experimental conditions were: Baseline (LB) and Stimuli of Flamenco (F). Two different videos in total were seen for each experimental condition, one to watch during the thermal registration of the front of the body and the other during the thermal registration of the back of the body, each one lasting an average of 5 minutes.

Procedure: The participants entered the room and prepared for the registration in a similar way to that described in Experiment 1. After the baseline had been measured, they stood opposite the camera and received the following instruction: you are going to see some images; your task consists of keeping as still as possible while they last. When it was the back of the body being recorded, the participants remained standing with their backs turned, on both feet.

RESULTS

The main result is that there is a decrease in temperature of the gluteus when observing flamenco videos ($d>0.8$) and this is accompanied by a rise in temperature of the palms ($d>0.8$), also by the tendency for the temperature of the back to drop, while the rest of the body undergoes no significant changes (see Table 6 and Figure 3).

Table 6: Average score of the dancers for the back of body in the comparison between baseline and flamenco

BASELINE	\bar{x}	σ
Gluteus	32.66	0.7658
Forearm	34.1	0.4604
Palms	35.14	0.7338
FLAMENCO		
Gluteus	32.08	0.6645
Forearm	33.94	0.3262
Palms	36.12	0.5344

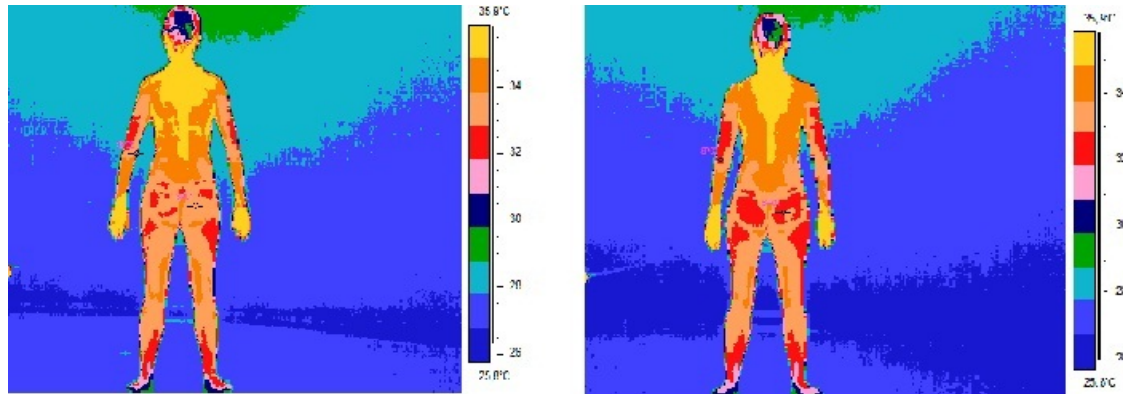
DISCUSSION

When expert dancers observe flamenco dance, a drop in temperature of the gluteus and a rise in temperature of the palms takes place but neither of these changes correlates with their score in empathy. For this reason and due to the low score of the dancers in empathy (less than 20%), we cannot say we are facing a phenomenon similar to touch-mirror synaesthesia related to extra-high empathy (Banissy & Ward, 2007) (Oscar).

We suggest rather that when observing movements of a dance at which they are expert, there is a tendency to prepare for action, as occurs at the cerebral level with the activation of areas BA2, 5 and 7. However, in this case we would expect a correlation between thermal changes when observing flamenco and the activation of sensory-motor areas or the primary or supplementary motor area when observing flamenco, but this correlation only occurs with thermal changes when they perform flamenco (Experiments 1 and 2), not when they observe it (Experiment 3).

To summarise, we obtained a thermal imprint specific to flamenco, different to that of physical exercise, contemporary dance or ballet: lower temperature in the gluteus and higher temperature in the forearms. This thermal imprint correlates with somatosensory and visceral cerebral activations, the technical grade, empathy and flamenco 'duende' of the dancers. The

better the technique, the less empathy. The more 'duende', the lower the temperature in the gluteus. The lower the temperature in the gluteus, the less emotional understanding and more empathic stress. The higher the 'duende', the greater the cerebral activation in areas BA2, 5 and 7 and the insula. That is to say, we obtained a somatic marker (thermal imprint) of a qualia (the flamenco 'duende') related to action-self and to visceral-self.



In the upper row thermogram of dancer 07 in baseline (first image) and flamenco (second image). In the bottom row thermogram of dancer 01.

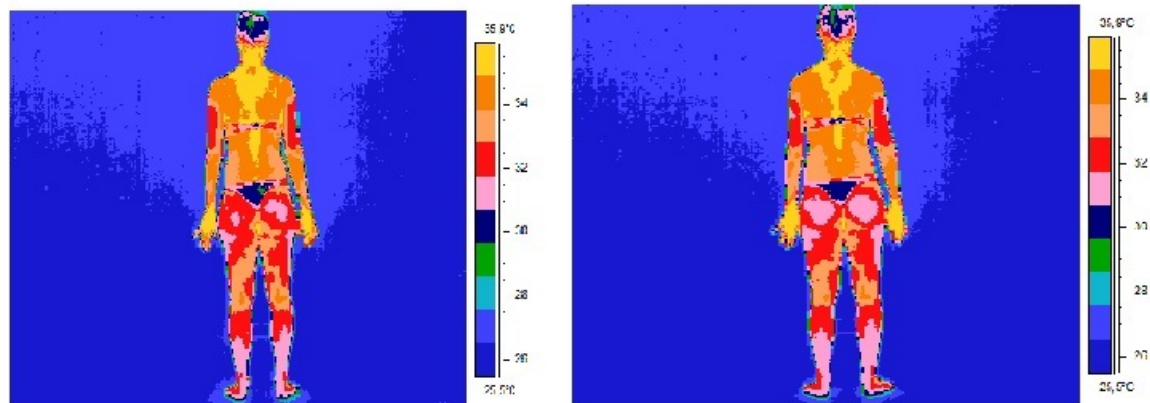


Figure 3: Thermogram (back view) of two dancers where the temperature of forearms, gluteus and palms are compared when observing videos of flamenco.

Capítulo 10: Autoconciencia y ¡olé!: Yo soy yo y mis acciones

Nuestra hipótesis es que cuanto mayor es la activación del sistema de solapamiento entre el yo y los otros (efecto experiencia) más difícil es la discriminación del self (efecto primera persona), esto es, su representación cerebral se hace más compleja, pasando de sensoriomotora a cognitiva y/o cualitativa. Comparamos la representación cerebral del action-self ante la observación de videos en primera y tercera persona de bailaoras expertas en flamenco (más de diez años de experiencia) con la activación del self ante la observación de pasos de ballet (cuatro años de experiencia) y con ejercicios deportivos sencillos como correr o saltar. Medimos también su empatía, además del dominio de la técnica mediante sus calificaciones académicas y el duende flamenco (que es un cualia y un rasgo de su personalidad como bailaoras) mediante juicio de expertos. Obtenemos una mayor activación del sistema espejo en flamenco (con la mayor experiencia) que en ballet y en ambas danzas que en ejercicio físico. La representación del action-self es diferente para cada tipo de acción: cognitiva y cualitativa en flamenco, sensoriomotora en ballet y por defecto en ejercicio físico. En las tres actividades donde se emplea el cuerpo de forma global (ejercicio, ballet y flamenco) el efecto primera persona implica la activación diferencial de las mismas zonas de las siguientes áreas cerebrales: la ínsula izquierda y el conjunto BA13-38-47 derecho; el giro supramarginal BA40 y el giro cingulado bilateral (BA24/32); el área motora suplementaria derecha (BA6), el córtex somatosensorial (BA1,2,5,7) derecho y el córtex visual bilateral (BA18, 19). Respecto al efecto experiencia, en la observación de la danza ocurre una mayor activación parieto-temporo-frontal que en el ejercicio físico (BA2,5,7,6,40 bilateral; BA19,37,39 derecho; BA9,44 y 45 derecho, BA46 izquierdo). En la observación de flamenco frente a ballet se da una mayor activación temporo-frontal formada por: BA4, BA6 bilateral; BA21, 22 (derecho), BA39 (izquierdo); BA9,10,47,32 bilaterales y BA46; mientras que en ballet, la mayor activación respecto al flamenco es parietooccipital. De este modo, el action-self en ejercicio físico es por defecto (BA40 y BA13), en danza se añade la activación occipitoparietofrontal o sensoriomotora (BA18-19; BA1, 2, 6, 7; BA 13,38,47; BA10, 46) y en flamenco se añade a la representación del self la activación fronto-emocional (BA10 bilateral, BA11, BA44 y BA24/32). Se produce un trade-off entre el efecto persona y el efecto experiencia: la activación diferencial en el efecto primera persona en flamenco del cortex cingulado, la ínsula y de las áreas somatosensoriales BA1, 2, 5 y 7 correlaciona negativamente con su activación en el efecto experiencia (flamenco en tercera persona versus deporte en

tercera) y además correlaciona con la empatía de las bailarinas. La empatía correlaciona negativamente con la evaluación técnica y el duende (un cualia específico referido al flamenco). El duende, a su vez, correlaciona negativamente con la activación diferencial de la ínsula, el cíngulo y BA1,2,5 y 7 en el efecto persona, apoyando la disociación entre self y cualia.

Nuestro objetivo actual es localizar las regiones cerebrales de la autoconciencia. La definición de autoconciencia y su localización cerebral es compleja. La autoconciencia incluye múltiples aspectos, en apariencia muy dispares: el punto de vista en primera persona en el espacio, en la acción, en la cognición y en la interacción social. William James (1890) diferenciaba entre una autoconciencia física, cognitiva y espiritual. Podemos hablar de *self-recognition* o del *action-self recognition*, que incluiría *action ownership*- es mi cuerpo y no el de otra persona el que se mueve- and *action agency sense* -sensación de esfuerzo o agente causal de la acción (Ehrsson, Spence, & Passingham, 2004; Gallagher, 2007; Jeannerod, 2003), *self-knowledge* – rasgos de personalidad, preferencias y autobiografía- o de *social-self* –por ejemplo, en relación a la empatía (Lieberman & Pfeifer, 2005).

Las áreas del autoreconocimiento corporal involucran a una red fronto-parietal que incluiría al hipocampo, el córtex cingulado anterior, el precúneo y el cerebelo en el hemisferio derecho, además del lóbulo parietal inferior y el córtex prefrontal lateral izquierdos (Lieberman & Cunningham, 2009). Respecto al action-self, el lóbulo parietal inferior (BA39-40) se activa al detectar incongruencias entre la acción observada en pantalla (*feedback visual*) frente a la ejecutada simultáneamente para acciones manuales (Jeannerod, 2003). Cuando una persona se siente en control de una acción y atribuye ésta a sí mismo se activa bilateralmente la ínsula, y si la atribuye a otro el lóbulo parietal inferior derecho (Farrer & Frith, 2002). Chaminade and Decety (2002) asocian el sentido de agente de la acción al área motora suplementaria y el córtex parietal inferior derecho, mientras que si la acción se atribuye a otro se activan el córtex parietal inferior izquierdo y el giro precentral. Pero Tsakinis y Hoggard (2005) relacionan la mayor activación de la ínsula y el parietal inferior derecho con la *action ownership*. No es fácil diferenciar estos dos conceptos: *action ownership and agency* (Gallagher, 2007). En acciones en primera persona, asociado a ser agente de la acción, se activan de modo diferencial la ínsula, el córtex sensoriomotor primario, el área motora suplementaria y el córtex premotor lateral (Frith, 2002). Según Ferri, Frassinetti, Ardizzi, Constatini & Gallese (2012) existe una red

sensoriomotora para el *action ownership*: Área Motora Suplementaria (SMA), la ínsula anterior y el córtex occipital bilateralmente.

El *self-knowledge* incluye de modo bilateral al precúneo y el cíngulo posterior (BA7/31), el córtex prefrontal medial (BA9/10), el córtex prefrontal ventromedial (BA11), el córtex inferotemporal (BA21/38), la ínsula (BA13) y en el hemisferio derecho al córtex prefrontal ventrolateral (BA44/45/47) y los ganglios de la base izquierdos (Lieberman & Cunningham, 2009). Los estudios sobre empatía y atribución de intenciones en la interacción social (Iacoboni, et al., 2004) encuentran activación del precúneo, el surco temporal superior de modo bilateral, el polo temporal derecho, la amígdala, el giro fusiforme y el córtex prefrontal medial.

En conjunto podemos hablar de *self-referential processing* (Northoff, et al., 2006). Según estos autores, “the self-stimulus relation must be determine in relative terms since it depends on context (autobiographical, social, spatial...factors)”. Se asocia el *self-referential processing* con *cortical midline structures* (CMS), de manera que la activación de estas estructuras cerebrales should occur only in self-related tasks across all domains and sensory modalities, esto es, debe ser independiente de la tarea. Los autores revisan las activaciones cerebrales en tareas en los dominios verbal, espacial, facial, de memoria, motor, social y emocional, comparando *self-related tasks* con otras *related tasks* o comparando las perspectivas de primera y tercera persona. Las principales áreas componentes de CMS son: medial orbital prefrontal cortex (BA11, 12), ventromedial prefrontal cortex (BA 10, 11), dorsomedial prefrontal cortex (BA 9), anterior cingulate cortex (ACC en adelante) (BA 24, 32), medial parietal cortex (BA 7/31) y posterior cingulate cortex (BA 23). Van der Meer, Costafreda, Alemán y David (2010), en su meta-análisis sobre la discriminación entre *self* y *other* encuentran un clúster formado por: BA24/32 (anterior cingulate), BA10 (frontal mid orbital and frontal superior medial) y BA10/46 (left mid/superior frontal).

Ramachandran (2012) mantiene que la base cerebral del sistema humano de neuronas espejo y la autoconciencia están solapados en gran medida. El sistema de neuronas espejo en humanos (Heyes, 2010) y extendido (Pineda, 2008) según el atlas interactivo de áreas corticales, incluye a las áreas BA1, BA2, BA3, BA5, BA6, BA7, BA24, BA32, BA44, BA45, BA46, además del surco temporal superior (BA21, 22), es decir, se le añade la corteza sensoriomotora y también se podría añadir la ínsula. Ramachandran piensa que surgió en primer lugar la teoría de la mente en la interacción social y luego se interiorizo, esto es, se aplico a las acciones, cogniciones y emociones propias surgiendo la autoconciencia. Se puede encontrar una extensa revisión para

una diferenciación entre empatía y teoría de la mente en Singer (2006). Ramachandran habla de las neuronas del córtex cingulado anterior como las neuronas “Dalai lama o de la empatía” donde no se diferencia entre el yo y los otros. Involucra también al lóbulo parietal inferior (sistema espejo), el giro supramarginal (yo motor, BA40) y el giro angular derecho (yo corporal, BA39, asociada su inhibición a las experiencias extracorpóreas). Craig (2009) establece una red cortical formada por la corteza insular anterior y el córtex cingulado anterior para la autoconciencia de la actividad autonómica, como los marcadores somáticos de Damasio (1993) y las neuronas de von Economo (VEN) ligadas a la empatía y la autoconciencia.

Según ésta literatura, los límites entre el sistema espejo y el sistema del *self* son difusos. Por ejemplo, no es fácil diferenciar el sistema espejo del sistema de la agencia de una acción (Agnew & Wise, 2008). Estos autores encuentran que al observar una acción se activa el parietal operculum, el parietal anterior, el giro frontal inferior y el córtex visual. Cuando la acción se ejecuta se añaden las activaciones del córtex motor primario, el área motora suplementaria y el cerebelo. La diferencia entre el sistema espejo y el sentido de la agencia estaría en zonas adyacentes del opérculo parietal derecho. En resumen, las áreas cerebrales son multifuncionales y participan en varios de estos sistemas. Por ejemplo ACC: Según Van der Meer et al. (2010) esta área está implicada tanto en *self-processing* como en *other-reflective processing*, aunque el hecho de estar activa en la comparación *self* versus *other*, indica que esta área es más activa en *self* que en otro procesamiento reflexivo y que la cantidad de activación in ACC puede ser un indicador de *self-specificity*. Más aún, muchas de estas áreas que vinculamos a la representación del self, se pueden activar en tareas en tercera persona si los estímulos están vinculados al observador. Por ejemplo, si una bailaora de flamenco observa en un video a otra bailaora de flamenco, se activará en cierta medida su *self-knowledge* pero también posiblemente su *self-motor*. Es decir, pensamos que el self puede activarse en tercera persona y que los límites entre los distintos subcomponentes del self tampoco son nítidos.

Nuestra hipótesis de partida es que en la autoconciencia (en nuestro caso *action-self recognition*) deben coactivarse dos subsistemas, algunas áreas del subsistema que solapa al yo y los otros (como el sistema espejo) y al menos un área del subsistema que discrimina entre el yo y los otros. Las áreas concretas de cada subsistema pueden variar en función de las circunstancias. El primer subsistema permitiría acceder a los estados mentales o intenciones, el segundo indica que son propias y no ajenas, para el *action understanding*. Muchas estructuras pueden tener un rol en ambos subsistemas, como ACC, dependiendo tal vez de su nivel o zona

de activación, lateralización o de las otras áreas coactivadas. Tal vez otras áreas son específicas de uno u otro subsistema y se activarán unas en vez de otras en función de la mayor o menor demanda de discriminación entre el yo y los otros. En términos neurológicos creemos que ambos subsistemas (el que solapa el *self* y otros y el que los discrimina) son en gran medida un mismo sistema. Ramachandran piensa que primero se hace uso de la teoría de la mente y después de la autoconciencia, pero nosotros creemos que es imposible acceder a los estados mentales de otro sin activar los propios para comprenderlos. Es decir, no sabemos filogenéticamente qué sistema se desarrolló primero, pero en la actualidad ambos se implican: observar en tercera persona activa la representación de los otros y del yo. Observar en primera persona activa la representación del yo y de los otros en diferente grado, para que la discriminación efectiva entre el yo y los otros sea posible. En situaciones donde la discriminación funcional es fácil, se activarán en menor medida las estructuras que representan la especificidad del yo o se activará un yo de bajo nivel, un yo físico. En situaciones donde esta discriminación es más difícil, se activarán en mayor medida las estructuras que representan la especificidad del yo o se activará un yo complejo, un yo cognitivo o espiritual en términos de James. Pueden ser las mismas estructuras cerebrales las que solapan y discriminan el *self* pero con diferente nivel de activación.

Nosotros vamos a estudiar el *action-self recognition*, sin diferenciar entre *action-ownership* y *agency sense* (no es este nuestro objetivo), pero con la ejecución de movimientos reales en vez de acciones discretas de efectores particulares (como *tapping* o rotación de la mano); esto es, estudiamos acciones continuas que involucran al cuerpo completo y tienen un valor ecológico, como hacer deporte o bailar. Nuestro objetivo es mostrar que la representación del *action-self* es variable, diferente para cada tipo de acción real y que su representación depende de la dificultad de discriminación entre el *self* y los otros. Respecto a la imagen cerebral de la danza, estudios previos muestran que en el caso del baile, a mayor nivel de experto mayor activación del sistema de neuronas espejo al observar pasos de danza frente a capoeira para bailarines de danza clásica y viceversa para bailarines de capoeira (Calvo Merino, et al., 2005). Este mismo resultado ha sido replicado por nosotros con el baile flamenco frente a la danza clásica en bailarinas expertas en flamenco (Salazar- López, et al., 2012). Llamaremos a este resultado efecto experiencia y partimos del supuesto (apoyado por los datos previos) de que refleja fundamentalmente la activación cerebral del subsistema que solapa el yo y los otros (tipo sistema espejo). Utilizamos bailaoras expertas en flamenco por las siguientes razones: son expertas, por lo que las diferencias entre las imágenes de flamenco observadas en primera y

tercera persona no se verán afectadas de modo diferencial y a priori por la activación del sistema espejo dependiente del grado de experiencia. Comparamos el auto-reconocimiento corporal en movimiento en distintos niveles de experiencia: A) Ante imágenes de pasos de baile flamenco donde son expertas. B) Ante imágenes de pasos de baile de danza clásica (ballet en adelante), donde tienen conocimientos técnicos pero no son expertas (es su segunda especialidad de baile y su nivel de formación es inferior, diez años en flamenco frente a cuatro). C) Ante imágenes deportivas de ejercicios sencillos como saltar o correr, que no suponen conocimiento técnico o habilidad especial. D) Ante videos en primera y tercera persona, esto es, se observan a sí mismas o a compañeras de clase. E) Buscamos la localización cerebral de un cualia: el duende flamenco, que sería equiparable por su naturaleza intangible a la *saudade* del fado portugués o a la espontaneidad e improvisación en el jazz. El duende es indefinible, es un cualia. La RAE lo define como *tener alguien un encanto misterioso e inefable* (1780). Goethe lo define como un poder misterioso que todos sienten y ningún filósofo explica. Se tiene o no se tiene (Webster, 2004). Federico García Lorca lo definía como un instinto eficaz (García-Lorca, 1933).

Es decir, nuestro estudio va más allá del auto-reconocimiento corporal estático, puesto que la cara de las bailaoras está pixelada, se observan en movimiento, con diferentes niveles de experiencia ante movimientos diferentes (se controla el nivel de experiencia y el papel de la habilidad). Esperamos mayor activación de la autoconciencia en el flamenco, en menor medida en la danza clásica, con independencia del punto de vista o efecto persona (primera versus tercera), tanto como efecto colateral de la mayor activación del sistema espejo por la experiencia, como por activar un mayor *self-knowledge* en el flamenco. Esperamos mayor activación de la autoconciencia en ballet que en ejercicio físico por las mismas razones anteriores, siendo el último el que emplearemos como línea de base. Pero esperamos también mayor activación de la autoconciencia (sobre todo *bodily-self*) en los videos en primera persona frente a los videos en tercera persona. Suponemos un cerebro perezoso que para adaptarse al entorno no trabaja más de lo necesario para discriminar el *self*. Esperamos una mayor activación del sistema de solapamiento *self-other* en función de la experiencia, esto es, en flamenco en tercera persona más que en ballet en tercera persona y más en ballet que en ejercicio físico. La discriminación del *self* al comparar flamenco en tercera persona con flamenco en primera persona debería ser más compleja, pues en ambos casos existe activación máxima del sistema espejo, que debe eliminarse en la comparación, pero que implica activación colateral elevada del *self* aunque en flamenco en primera se activará en mayor medida, por lo que la discriminación

de la persona que baila a nivel cerebral exigiría una representación compleja. Más fácil debe resultar la discriminación del *self* al comparar ballet en primera con ballet en tercera, donde la activación del sistema espejo y del sistema del *self* es menor y en el caso de la comparación entre deporte en primera versus tercera persona, la activación del *self* debería estar basada en una discriminación sensoriomotora. En resumen, nuestra predicción es que hay situaciones o comparaciones donde la discriminación cerebral del *self* es difícil y dará lugar a una representación compleja, que ordenada en términos de dificultad decreciente sería: 1) Al comparar flamenco en primera con flamenco en tercera, basada en una *self* espiritual dada la naturaleza del flamenco que es más que una técnica compleja de danza y está lleno de cualías que se denomina *duende* en el argot flamenco. 2) Al comparar ballet en primera con ballet en tercera, la discriminación del *self* se apoyará en el *self* cognitivo (hay un papel de la habilidad, de la técnica, de la experiencia pero no del arte por la menor formación y la naturaleza cualitativa del flamenco). 3) La comparación entre deporte en primera y tercera persona, se apoyará en una discriminación física o sensoriomotora del *self*, pues no se encuentra involucrada la habilidad. Obsérvese que si la experiencia (o el sistema espejo) no afectase a la representación del yo, entonces la comparación entre ballet en primera con ballet en tercera y la de flamenco en primera con flamenco en tercera, debería ofrecer una representación idéntica del *self*. Llevado este razonamiento a su extremo, en los tres tipos de actividad deberíamos obtener una representación cerebral del *action-self* idéntica y fija.

MÉTODO

Participantes. Diez bailarinas profesionales de flamenco, estudiantes de último curso de los estudios de Flamenco del Conservatorio profesional de danza de Granada, que llevaban al menos 10 años bailando en esta disciplina y de edad comprendida entre 15 y 26 años. Todas las participantes eran diestras, sin historial psiquiátrico o neurológico y con visión normal o corregida durante la realización del experimento. Todas dieron consentimiento escrito al firmar el “Consentimiento informado de participación en estudio cerebral de bailarines expertos” facilitado por el departamento de Psicología Experimental, así como el Consentimiento informado facilitado por la clínica “Centro de Diagnostico Granada SA” donde se realizó la prueba funcional. En el caso de las participantes menores de edad sus padres firmaron el consentimiento. No recibieron compensación económica por su participación. Todas fueron preseleccionadas atendiendo a que sólo son expertas en un tipo de danza, el flamenco, pero han recibido formación en ballet clásico durante 4 a 5 años. Se conocen entre ellas, a nivel personal y como bailarinas.

Materiales

Estímulos. Los estímulos eran videos presentados durante la realización de la fMRI se grabaron en una sesión previa, con varias semanas de diferencia, mediante una cámara digital. Los movimientos presentados en la tarea experimental eran desarrollados por diferentes ejecutores, de acuerdo al diseño experimental:

-Una bailarina profesional de ballet clásico, con 15 años de experiencia en compañía local, que sirvió como modelo de los 24 pasos de ballet clásico presentados.

-Una bailarina de flamenco, con 10 años de experiencia en grupo de flamenco, que sirvió como modelo de los 24 pasos de flamenco presentados

-Una licenciada en ciencias del deporte que sirvió como modelo de los ejercicios de calentamiento deportivo seleccionados como ejercicios de control

-10 participantes del estudio, que interpretaron los 24 pasos de ballet y los pasos de flamenco además de los ejercicios de calentamiento.

Las participantes de la investigación desconocían el objeto de la grabación de los pasos de baile, no así las bailarinas modelo. Las caras de los ejecutores, tanto modelos como sujetos experimentales, se modificaron mediante un efecto de pixelado para asegurar que se procesaba la información corporal, y no estaban involucrados procesos de reconocimiento de caras o emociones (ver figuras 1 y 2 para ver ejemplos de los videos). Ninguno de los videos llevaba sonido y todos los pasos se igualaron en duración, ajustándose a 3 seg. Para facilitar la ejecución de las participantes durante la grabación de los pasos se empleó como sonido de fondo un metrónomo ajustado a segundos, que servía como marcador de ritmo.

Un equipo de expertos formado por una profesora de ballet clásico, una experta en flamenco y una de las investigadoras (titulada en danza española por el conservatorio de danza de Granada) seleccionaron los movimientos a ejecutar como pasos en ambas disciplinas, para que fuesen similares en cuanto a 4 criterios (siguiendo el paradigma empleado por Calvo-Merino, Jola, Glaser, Haggard (2008): velocidad de ejecución del movimiento, parte del cuerpo empleada, localización del cuerpo en el espacio y dirección del cuerpo durante el movimiento. Este proceso de grabación previo a la realización del experimento por cada una de las participantes daba lugar a la toma de los clips de video necesarios para la tarea experimental.

Se grabaron 24 pasos de flamenco y 24 pasos de ballet que estaban equiparados de acuerdo a los criterios descritos, con la bailarina modelo de cada especialidad. La modelo bailarina de ballet y la modelo bailarina de flamenco fueron seleccionadas por su similitud en el contorno corporal, edad, experiencia en su disciplina y estatura. Para lograr mayor similitud los movimientos se interpretaron en un estudio de danza de 8 m de largo, 4,50 m ancho y 3,5 m de alto, con un fondo blanco sobre el que se enmarcaba un espacio de referencia de 2,50 m de alto por 1,75 m de ancho, y en el que en un espacio de unos 6,5 m² participantes y modelos ejecutaban los pasos que servirían de estímulos. Tanto las modelos como las participantes llevaron indumentaria idéntica para la interpretación de todos los pasos en cada disciplina: un maillot y leggings negros.

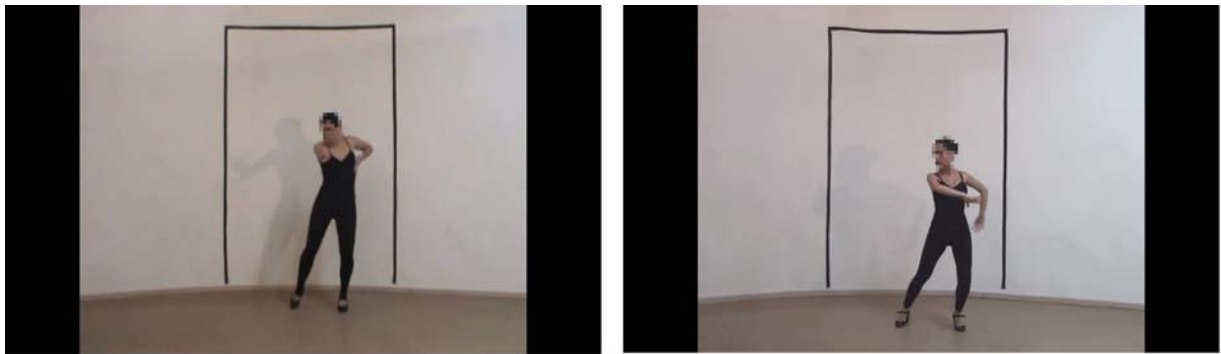


Figura 1: Mismo fotograma de un paso de la condición ejecutado por la bailaora modelo (izquierda) y por una participante (derecha)

Para medir la empatía se utilizó el test TECA (López Pérez, et al., 2008) que arroja valores generales y en cuatro subescalas: Adopción de Perspectivas (AP) que obedece a la capacidad de uno mismo para ponerse en el lugar de otro (como si estuviéramos en tercera persona); Comprensión Emocional (CE), que muestra la capacidad para comprender las emociones, intenciones e impresiones de los otros (como si fuera en primera persona); Estrés Empático (EE), o la capacidad para sintonizar con las emociones negativas de otros; y la escala Alegría Empática, que habla de la capacidad para sentir las emociones positivas de otros.

Puesto que las participantes estudian los últimos cursos de flamenco en el Conservatorio de Danza, disponemos de sus calificaciones de los últimos años en las asignaturas: Técnicas de danza, Danza española, Flamenco, Estudio de acompañamiento de cante, Estudio de acompañamiento de guitarra, Talleres coreográficos, Interpretación y Música. La valoración técnica que hemos empleado es una media de su calificación en estas asignaturas.

Para medir el duende, se pidió a las participantes que valorasen a sus compañeras según el “duende” otorgando 1 punto si tenían y 0 puntos si no tenían (máximo duende a obtener es 9 puntos).

Diseño

Tarea fMRI. Los vídeos-estímulo se presentaban mediante unas gafas con pantallas de cristal líquido compatibles para trabajos de fMRI (Resonance Technology, Northridge, California, USA).

La tarea experimental se programó en e-prime2 (Schneider, et al., 2002). Durante el experimento cada video se presentó 2 veces. Cada uno de los ensayos experimentales constaba de 3 clips de video, presentados sin intervalo temporal y equiparados dentro de sus características y perteneciendo a la misma disciplina. Se combinaba la variable tipo de baile (flamenco x ballet x deporte) con la variable persona (verse a ellas mismas o primera persona x ver a otra- tercera persona) dando lugar a seis condiciones experimentales.

Cada ensayo constaba de la siguiente secuencia:

Pantalla negra + punto fijación (3 seg.)

Secuencia de videos: clip1 (3seg)

Clip2 (3 seg)

Clip3 (3 seg)

Pantalla de respuesta
(hasta alcanzar 15 seg)

Cada bailarina observó videos de flamenco y ballet en primera (50% de los videos) y en tercera persona. El orden de presentación de los videos fue contrabalanceado de forma que cada condición se presentase el mismo número de veces, es decir, los 16 estímulos de flamenco (8 en primera persona y ocho en tercera, en total 48 vídeos de flamenco), los 16 estímulos de ballet (8 en primera persona y 8 en tercera) y los 8 estímulos de deporte (4 en primera y 4 en tercera) que se contrabalancearon y presentaron 2 veces cada uno, manteniendo que siempre fuese cada estímulo precedido y continuado por otro estímulo de diferente condición.

Después de cada secuencia de vídeos, las sujetos debían responder a la pregunta: ¿Cómo de cansado es este video? en una escala tipo Likert de 1 a 3 puntos. La respuesta fue recogida con un mando de cinco botones: Evoke Response Pad System (Resonance Technology Inc., Northridge, California, USA).



Figura 2: Fotogramas de una participante ejecutando pasos de flamenco (izquierda) y ballet (derecha)

Adquisición de datos de imagen y preprocesamiento. Las imágenes de resonancia magnética funcional fueron adquiridas en un escáner Intera ACHIEVA de 3 Teslas (Philips Medical Systems, Eindhoven, The Netherlands), utilizando una antena de ocho canales. Se adquirieron 23 imágenes gradiente-echo planar (EPIs), sensible al contraste nivel de oxígeno en sangre (BOLD). Se utilizó una secuencia de contraste T2* de EPI con los siguientes parámetros: Tiempo de Repetición TR: 2 seg., Tiempo de Eco TE: 35mseg., flip angle= 90°. Para cada volumen, se adquirieron 23 cortes axiales de 4 mm de anchura con un gap de 1mm. (Field of View FoV= 230x230 mm, matriz de reconstrucción 96x96). También se obtuvo una imagen estructural de alta resolución T1, con el fin de tener una imagen de referencia anatómica, con los siguientes parámetros: 160 cortes, TR = 8.3 ms, TE = 3.8 ms, flip angle = 8°, FOV = 240 x 240, vóxeles: 1mm³.

Análisis de RMF. Las imágenes funcionales se analizaron utilizando el software, *Statistical Parametric Mapping (SPM8)* desarrollado por Wellcome Department of Cognitive Neurology, (Institute of Neurology, Queen Square, London, UK), implementado en Matlab 6.5 R2009 (MathWorks, Natick, MA, USA).

El preprocesado de las imágenes consistió en el realineamiento tomando como referencia la primera imagen de cada serie, corrección del tiempo entre cortes, normalización a la plantilla EPI en el espacio del Instituto Neurológico de Montreal (MNI), y suavizado espacial mediante la convolución con un núcleo gaussiano 3D (FWHM=8mm).

Cada condición fue modelada durante los 9 segundos que aparecían los vídeos en pantalla, no incluyendo la pregunta ni la respuesta final. La respuesta BOLD en cada voxel fue convolucionada con la función de respuesta hemodinámica canónica (HRF) utilizando un filtro paso alta de 128 seg.

Teniendo en cuenta los objetivos del estudio, se definieron para cada participante, distintos contrastes de interés, combinando las condiciones de tipos de movimientos (Flamenco, Ballet, Deporte) y condición persona (Primera y Tercera). Se generaron mapas paramétricos estadísticos de cada contraste t para cada participante. Para el análisis de grupo se realizó una prueba t de una muestra utilizando las imágenes de contraste previamente realizadas. Se estableció un umbral estadístico de $p < 0.005$ (sin corrección) con un tamaño mínimo de clúster (clúster extent $K_e = 10$), con lo cual se logra un balance apropiado entre los errores de Tipo I y Tipo II (Lieberman & Cunningham, 2009)

RESULTADOS

Los datos de Tiempo de Reacción indican que para todas las condiciones el tiempo de respuesta es similar, pues no existen diferencias significativas entre los valores hallados en cada condición (d de Cohen $< 0,6$). Ver tabla 1.

Efecto persona

Si comparamos las activaciones cerebrales en conjunto ante los tres tipos de acciones en primera versus tercera persona (ver tabla 2) obtenemos: una mayor activación bilateral en primera persona versus tercera persona, de las áreas de asociación visuales occipitales (BA18, 19) y de la ínsula, así como la activación izquierda del giro postcentral parietal (BA40). Obtenemos para la primera persona, una activación derecha de las áreas parietales BA1, 2, 5,6 y 7 y de las áreas prefrontales dorsolaterales BA10, 46 y 47, así como del conjunto BA13, 38, 47 (ligado a la discriminación del self) e izquierda del cíngulo medio, BA24 y 32. Es decir, un amplio conjunto de áreas asociadas a las neuronas espejo (BA 1 a 7, 24, 32 y 46) y áreas previamente asociadas a la discriminación del self como BA13,38,47; BA40, BA10 además de BA24 y 32. Se

diría que la activación del sistema espejo más la activación de al menos un área de discriminación entre el self y los otros podría ser la autoconciencia. En concreto, BA40 derecha sobre todo y BA 13 bilateral o derecha se han vinculado al action-self como vimos en la introducción. Aquí hemos obtenido BA40 izquierda (más vinculada al solapamiento entre el self y los otros) e ínsula bilateral.

TABLE 1: Puntuaciones de tiempo de reacción (media y desviación típica) al responder a la pregunta *¿Cómo de cansado son los movimientos?* Y valores medios de las puntuaciones otorgadas para cada tipo de estímulo (en escala 1-3). Los valores de la *d de Cohen* calculada para obtener diferencias significativas entre las condiciones de TR, por un lado, y entre los valores de la escala de cansancio por otro sólo arrojaron puntuaciones por encima de 0,8 (considerado estadísticamente significativo) en las comparaciones entre F y B ($d=1,7$) y B y D ($d=1$) en ésta última condición.

		F	B	D	TF	TB	TD
Valores TR	\bar{X}	0,727	0,720	0,697	0,652	0,686	0,744
	σ	0,237	0,233	0,224	0,187	0,218	0,285
Valores escala estimular (1-3)	\bar{X}	1,438	1,977	1,527	1,499	2,019	1,446
	σ	0,294	0,367	0,630	0,311	0,321	0,577

F , Flamenco en primera persona; B, Ballet en primera persona; D, Deporte en primera persona; TF Flamenco en tercera persona; TB, Ballet en tercera persona; TD, Deporte en tercera persona

Tabla 2: MNI coordinates of peaks of Relative Activation in the Cortical Regions where BOLD signals was higher in first compared with third person in all kind of action (Flamenco, Ballet and Sport).

Region	BA	Side	X	Y	Z	Volume (mm ³)	t
Postcentral Gyrus	1, 2, 5	R	46	-36	64	2.888	7,68
Postcentral Gyrus	40	L	-64	-20	18	360	6,79
Inferior Parietal Lobule	40	L	-40	-32	34	3.368	5,6
Superior Parietal Lobule	7	R	26	-64	66	336	4,49
Cingulate Gyrus	24, 32	L	-14	4	42	184	4,06
Supplementary Motor Area	6	R	10	0	64	232	3,58
Ínsula	13	L	-34	4	10	1.080	6,66
Ínsula	13, 47, 38	R	30	10	10	6.376	5,99
Superior & Middle Frontal Gyrus	10	R	36	48	28	584	7,16
Middle Occipital Gyrus	18, 19	L	-24	-94	-2	3.064	4,94
		R	24	-104	0	2.464	4,84
Middle & Inferior Frontal Gyrus	46	R	42	46	8	1.016	4,78

Si comparamos las activaciones cerebrales en conjunto ante los dos tipos de danza (flamenco y ballet) enfrentando el verse a sí mismas (primera persona) frente a ver actuar a sus compañeras de clase (tercera persona)- ver tabla 3-, obtenemos una activación bilateral de las áreas de asociación visuales occipitales (BA18 y 19) vinculadas a la conciencia visual, de las áreas BA24,32 (ACC) y el área BA13 (ínsula), vinculada en el lado derecho al clúster BA13, 38, 47 asociado a la discriminación del self. Obtenemos también la activación izquierda del área parietal BA40 (giro postcentral) y del subconjunto BA5, 40 (lóbulo parietal), relacionada con la empatía y el yo motor. Pero sobre todo, obtenemos para la primera persona, una mayor activación derecha de las áreas parietales BA1, 2, 5, 7 y de las áreas prefrontales dorsolaterales BA10, 46 (derechas: giro frontal superior y medio) y BA47 (izquierda, córtex orbitofrontal) y del área BA6 (giro frontal medio, área motora suplementaria), así como del área BA11 vinculada al *self-knowledge*.

Esto es, obtenemos activación de áreas relacionadas con la ToM (BA10, 38, 47) y las neuronas espejo (BA1 a 7, BA46, BA24,32), asociadas al solapamiento entre el yo y los otros. Sin olvidar las funciones motoras de estas áreas, relacionadas con la propiocepción somatotópica y los movimientos de la mano (BA1 y 2), la planificación, ejecución e imaginación motora (BA5, 6 y 7), el control ejecutivo de la acción (BA 10, 24,32, 40, 46 y 47) y con las *self-reflections* en toma de decisiones (BA5, 7, 10, 40, 46 y 47). Las áreas que, según la literatura revisada, discriminan entre el yo y los otros son la BA40, BA10-46, BA11 y BA 13-38-47, BA24 y 32: el giro postcentral asociado al *self-motor*, el giro frontal medio asociado al *self-knowledge* y el procesamiento emocional (autorelevancia del estímulo) y el conjunto ínsula-putamen córtex orbito frontal asociada a la conciencia autonómica.; además de la amígdala vinculada a la activación, la valencia, la empatía e interacción social. Dicho de otro modo, tenemos la activación de la ínsula y el córtex parietal inferior ligados al *action-self* y de áreas prefrontales ligadas al *self-knowledge* como BA11, BA10, BA13-38-47, además del cíngulo que se vincula tanto al solapamiento como a la discriminación del yo y los otros.

Tabla 3: MNI coordinates of peaks of Relative Activation in the Cortical Regions where BOLD signals was higher in first compared with third person when subject see dance images (Flamenco and Ballet).

Region	BA	Side	X	Y	Z	Volume (mm3)	t
	1, 2, 3, 4, 5,						
Postcentral Gyrus & Supramarginal	40	R	42	-38	68	4.592	7,12
Postcentral Gyrus	40	L	-64	-20	18	272	6,37
Superior Parietal Lobule	7	R	26	-64	66	760	5,46
Precuneus	7	L	-10	-56	70	96	4,02
Parietal Lobule	5, 40	L	-40	-32	34	1.840	4,99
Ínsula – Putamen	13	L	-28	6	12	496	4,78
Ínsula, Putamen & Orbito Frontal Córtez	13, 38, 47	R	28	12	8	10.560	6,31
Orbito Frontal Córtez	47	L	-22	14	-26	112	4,92
Superior & Middle Frontal Gyrus	10	R	34	46	28	736	6,72
Middle Frontal Gyrus	11	L	-26	36	-20	104	4,7
Middle Frontal Gyrus	10, 46	R	42	46	8	816	4,57
Supplementary Motor Area	6	R	28	-6	58	1.352	4,21
Cingulate Gyrus	24,32	R	10	8	54	904	3,62
		L	-12	6	44	264	4,15
Amygdala	34	R	22	2	-16	304	3,83
Middle Occipital Gyrus	18, 19	R	14	-106	4	3.856	4,88
		L	-44	-82	-12	3.920	4,68
Middle Temporal Gyrus	19	L	-46	-82	16	344	4,43

En ambos casos (las tres acciones o las dos danzas), el efecto persona implica la activación diferencial de las mismas zonas de las siguientes áreas cerebrales: La ínsula izquierda y el conjunto BA13-38-47 derecho; BA40 izquierda, el giro cingulado bilateral (BA24/32); el área motora suplementaria derecha (BA6), el córtex somatosensorial (BA1,2,5,7) derecho y el córtex visual bilateral (BA18-19). En resumen, observar acciones del cuerpo completo implica reconocimiento del yo motor (ínsula y BA40), preparación para la acción o imitación involuntaria (BA4 y 6), empatía (BA24/32), conciencia visual (BA18-19) y activación somatotópica (BA1,2,5,7).

Si realizamos esta misma comparación buscando activaciones mayores en primera persona que en tercera persona para cada actividad por separado, para el flamenco (tabla 6) y para la danza (tabla 5) y el deporte (tabla 4) obtenemos resultados diferentes.

Para el deporte o ejercicios físicos sencillos como saltar sobre dos pies, correr de modo estático y subir y bajar ambos brazos, obtenemos al comparar la primera con la tercera persona: una mayor activación derecha de BA31 (cíngulo medio) y bilateral de BA40 (lóbulo parietal inferior) e izquierda del giro occipital inferior, junto con algo de activación de la ínsula izquierda. En conjunto, BA40 y BA31 se asocian a la auto-referencia de la red por defecto (Whitfield-Gabrieli, et al., 2011), formando un subconjunto de la red por defecto que se coactivan con valores de correlación entre 0.42 y 0.49 (Buckner, Andrews-Hanna, & Schacter, 2008). El cíngulo medio participa en la discriminación del self y aunque lóbulo parietal inferior se asocia también al sistema espejo y a la atribución de acciones a otros o a uno mismo con resultados discrepantes entre los estudios como vimos en la introducción, en todo caso se trata de un área vinculada a *action-self* (*ownership o agency* pero también al *mirror system*). En este sentido, Ruby and Decety (2004) encuentran la coactivación del cíngulo y el lóbulo parietal inferior en la distinción entre self y otros en la cognición social (pensar acerca de uno mismo desde la perspectiva de otra persona). Esto es, me reconozco pero me observo en tercera persona (ver figura 3). En resumen, tenemos un *action-self* por defecto (BA40 e ínsula) observado desde un punto de vista en tercera persona (lóbulo parietal inferior, ínsula y cíngulo medio).

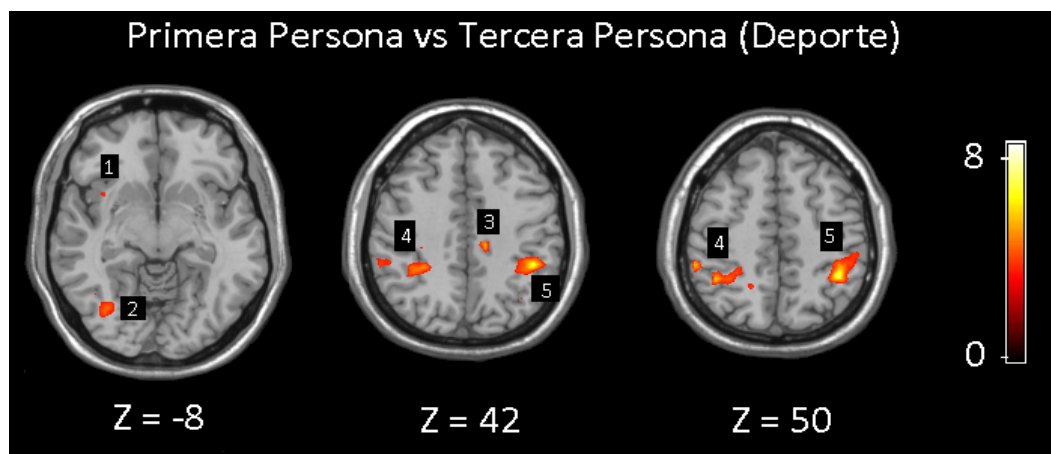


Figura 3: Imagen cerebral en la comparativa de condiciones Primera>Tercera persona en Deporte, donde resulta significativa la activación 1.-Ínsula, 2.-Inferior Occipital Gyrus, 3.-Cingulum Middle, 4.-Inferior Parietal Lobule, 5.-Inferior Parietal Lobule & SupraMarginal. Z corresponde a la coordenada sagital y la barra vertical indica el valor t.

Tabla 4: MNI coordinates of peaks of Relative Activation in the Cortical Regions where BOLD signals was higher in first compared with third person when subject see sport images.

Region	BA	Side	X	Y	Z	Volume (mm ³)	T
Inferior Parietal Lobule & SupraMarginal	40	R	40	-46	50	3.824	7,73
Cingulum Middle	31	R	12	-26	38	376	7,12
Inferior Parietal Lobule	40	L	-56	-38	46	808	6,66
		L	-42	-48	50	1.912	5,99
Inferior Occipital Gyrus		L	-34	-70	-8	792	4,78
Ínsula	13	L	-38	12	-4	184	3,86

Para ballet, en el efecto persona, obtenemos la activación bilateral de las áreas del córtex occipital primario y de asociación BA17, 18 y 19 (ver figura 4). La activación izquierda de BA7 (giro postcentral) y la activación de una red derecha que incluye a las áreas parietales BA1, 2 y 7 (giro postcentral, supramarginal y lóbulo parietal superior), a las áreas frontales BA6, 10,46 (córtex prefrontal dorsolateral, giro frontal medio y superior, área motora suplementaria), al área parietal BA39 y al clúster BA13, 22, 47 (ínsula y giro frontal inferior). Además del putamen, cerebelo y el giro fusiforme. Esto significa una mayor activación de áreas vinculadas a la ToM (BA10, 22, 39, 47) y a las neuronas espejo (BA1,2,6,7,46). Respecto a la discriminación del *self*, aparte de la ínsula derecha (y el giro frontal inferior) vinculada a la autoconciencia autonómica, destacar la relación del área BA10 y 46 derecha ligadas a la introspección y a la observación e imaginación de acciones y la activación diferencial del cerebelo y el giro fusiforme que como vimos en la introducción también se han ligado a la representación del self corporal y a la familiaridad perceptual (Calvo Merino, et al., 2005). La activación del cerebelo y el area motora suplementaria se asocian a la ejecución de la acción. En concreto, el lóbulo parietal inferior, la ínsula, el córtex occipital bilateral y el area motora suplementaria junto al cerebelo, el giro fusiforme y el córtex sensoriomotor primario como también ocurre en nuestros datos en ballet, se asocian al *action ownership* (Ferri, et al., 2012).

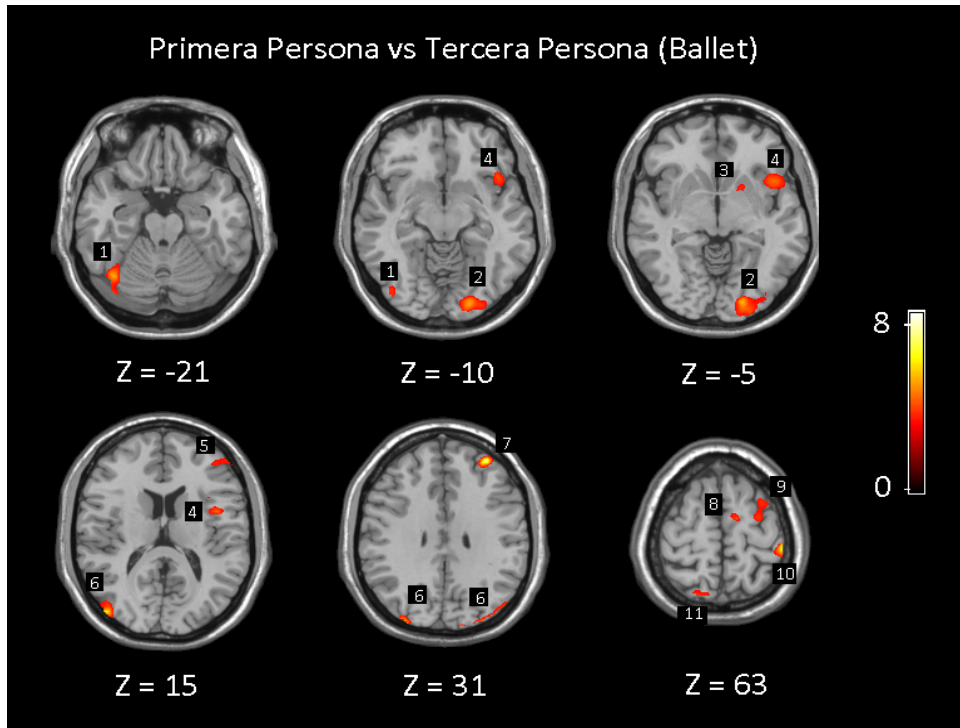


Figura 4: Imagen cerebral en la comparativa de condiciones Primera>Tercera persona en Ballet, donde resulta significativa la activación de 1.-Cerebellum & Fusiform Gyrus, 2.-Middle Occipital Gyrus, 3.-Putamen, 4.-Ínsula & Inferior Frontal Gyrus, 5.-Dorsolateral Prefrontal Córtex, 6.-Superior Occipital Gyrus, 7.-Superior & Middle Frontal Gyrus, 8.-Supplementary Motor Area, 9.-Middle Frontal Gyrus, 10.-Postcentral Gyrus, 11.-Superior Parietal Lobule. Z corresponde a la coordenada sagital y la barra vertical indica el valor t.

Tabla 5: MNI coordinates of peaks of Relative Activation in the Cortical Regions where BOLD signals was higher in first compared with third person when subject see ballet images.

Region	BA	Side	X	Y	Z	Volume (mm3)	t
Middle Occipital Gyrus	18, 19	L	-38	-94	2	696	5,68
Middle Occipital Gyrus & Lingual Gyrus	17, 18, 19	R	20	-90	-8	4.560	5,67
Postcentral Gyrus	1, 2	R	48	-32	62	2.456	6,40
Postcentral Gyrus	7	L	-14	-60	70	4.560	5,28
SupraMarginal	1, 2	R	66	-26	40	456	4,50
Superior Parietal Lobule	7	R	16	-82	54	472	4,07
Supplementary Motor Area	6	R	12	-6	66	568	4,52
Middle Frontal Gyrus	6	R	28	-6	60	896	4,21
Superior & Middle Frontal Gyrus	10	R	34	48	28	1.120	8,46
Dorsolateral Prefrontal Córtex	46	R	40	44	12	456	3,98
Ínsula & Inferior Frontal Gyrus	13, 22, 47	R	54	10	2	3.992	4,81
Cerebelo & Fusiform Gyrus	19	L	-40	-66	-24	2.264	5,49
Superior Occipital Gyrus	19, 39	R	28	-90	34	1.104	5,08
Superior Occipital Gyrus	19	L	-44	-84	16	1.968	7,97

Cerebellum	R	38	-46	-40	344	4,68
Putamen	R	18	8	-6	128	3,80

Para el flamenco específicamente, obtenemos de nuevo la activación bilateral de BA18 y 19, así como también de BA10 (giro frontal medio) y BA24/32 (córtex cingulado anterior) de modo bilateral, del área motora suplementaria derecha (BA6, 32), junto a una red en el hemisferio derecho que incluye a las áreas parietales BA1, 2,5 (giro postcentral), de nuevo el clúster BA13, 38, 47 derecho. Destacar la activación izquierda de BA11 (córtex orbitofrontal) vinculada a la empatía cognitiva y al estilo propio (Shamay-Tsoory, et al., 2009), del giro frontal inferior izquierdo (BA44) y de la ínsula izquierda, además de BA40 derecho y la amígdala. Esto es, de nuevo existe una activación derecha de áreas vinculadas a la ToM (BA38, 40, 47) pero sobre todo a la activación de las neuronas espejo (BA1,2,5,6,24/32 y 44). Destacar la activación bilateral del córtex cingulado anterior (junto a BA10) y la activación de la ínsula (junto al putamen y el córtex orbitofrontal), pues son las dos estructuras que Craig (2009) vincula con la autoconciencia, además de la activación izquierda del córtex orbitofrontal (BA11) que como hemos indicado está asociado a factores de personalidad (ver figura 5). Es decir, las estructuras que según la revisión previa podrían discriminar el yo de los otros son: BA13, 38, 40, 47; BA24, 32; BA11 y BA10; pero además existe un mayor número de estructuras vinculadas a la red del *self-knowledge* en el efecto persona en flamenco, como son el córtex prefrontal medial bilateral (BA10) el córtex prefrontal ventromedial (BA11), el córtex inferotemporal (BA38), la ínsula (BA13) y el prefrontal ventrolateral (BA44, 47). Es decir, hay una mayor implicación frontal en el efecto persona en flamenco frente al efecto persona en ballet (BA10 bilateral, BA11 izquierdo, BA44 izquierdo, BA24/32 bilateral). Destacamos además las relaciones de la ínsula, con el ACC y el córtex prefrontal ventromedial en el procesamiento emocional de la información autorreferencial, que Ramachandran (2012) relaciona con el deseo de actuar.

Tabla 6: MNI coordinates of peaks of Relative Activation in the Cortical Regions where BOLD signals was higher in first compared with third person when subject see flamenco images.

Region	BA	Side	X	Y	Z	Volume (mm3)	t
Ínsula- Putamen- Orbito Frontal Córtex	13, 38, 47	R	34	14	-22	8.272	9,16
	18,19	R	20	-104	6	2.768	6,16
Middle Occipital Gyrus		L	-50	-68	-18	3.192	4,9
Postcentral Gyrus	1, 2, 5, 6	R	34	-44	68	6.672	5,84
Middle Frontal Gyrus	6	R	42	44	6	648	4,52
Supramarginal Gyrus	40	R	34	-42	56	1.592	4,51
Inferior Parietal Lobule & Supramarginal Gyrus	40	L	-28	-34	46	1.120	4,66
Medial Frontal Gyrus	10	R/L	-6	56	14	256	5,39
Orbito Frontal Córtex	11	L	-26	36	-18	200	5,31
Inferior Frontal Gyrus	44	L	-60	12	10	768	5,19
Anterior Cingulate	24, 32	R/L	-2	36	6	1.664	4,93
Cingulate Gyrus	24, 32	L	-16	4	44	128	3,89
Supplementary Motor Area	6, 32	R	14	8	48	488	4,16
Ínsula		L	-32	4	10	280	4,47
		R	36	32	4	80	3,74
Putamen		L	-24	-12	10	80	3,82
Amygdala	34	R	22	2	-18	200	3,55

Debemos destacar que en las danzas en conjunto (ballet más flamenco) hemos obtenido una mayor activación de la ínsula izquierda en tercera persona: BA13 izquierdo con coordenadas -32, -12, 24, $t=5.73$. Esto se debe principalmente a la inclusión del flamenco, pues no ocurre en ballet solo. Para flamenco obtenemos idéntico resultado que para ambos bailes en conjunto: la ínsula izquierda se activa más en tercera persona (coordenadas -30/ -12/ 28, $t=8.66$ y -34/-40/ 20, $t=11.40$). Mientras que en primera persona se activaba más la ínsula derecha y un área diferente de la ínsula izquierda (las mismas zonas que para ambos bailes en conjunto). Esta asimetría hemisférica puede ser una clave de la discriminación del self. En el caso del flamenco,

también se activa más en tercera persona BA11 (córtex orbitofrontal derecho: 20/ 46/-14, $t=4.66$, mientras que en primera persona se activaba más BA11 izquierda) y de modo bilateral se activa más el precúneo (BA7) en tercera persona para Flamenco (-8/-64/46, $t=4.91$) que tradicionalmente se ha ligado al *self* (Cavanna & Trimble, 2006) aunque Uddin, Kaplan, Molnar, Szakacs, Zaidic y Iacoboni (2005) encuentran también su activación en tercera persona en el reconocimiento facial.

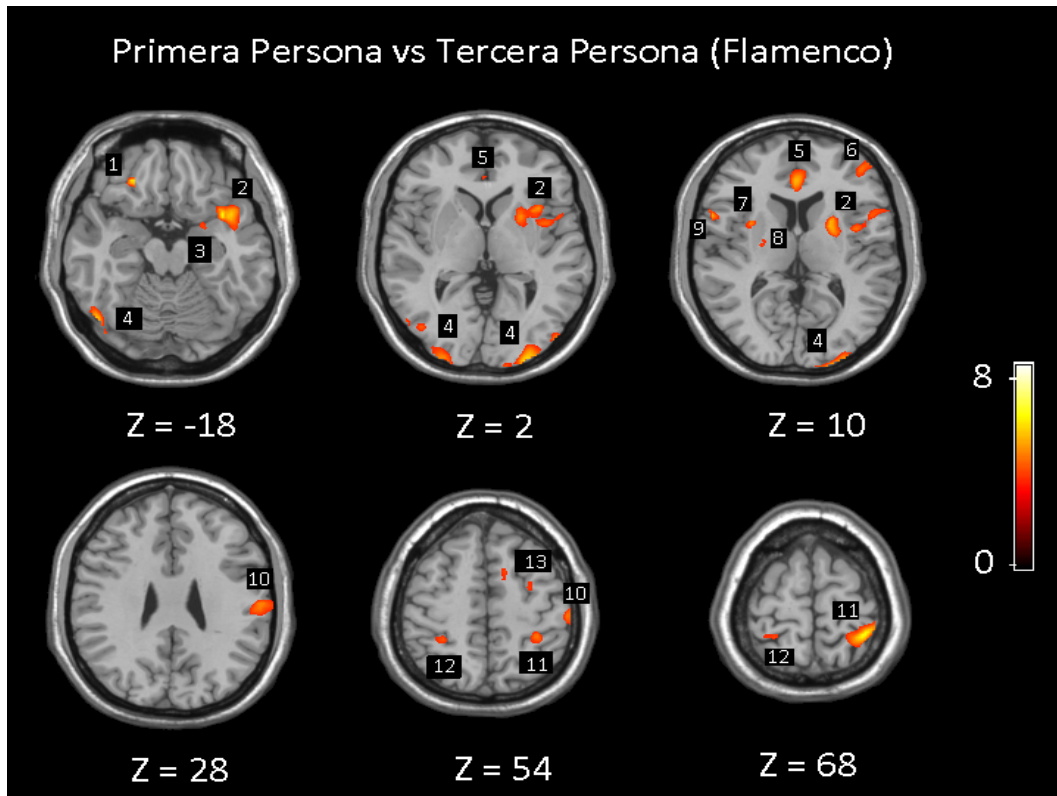


Figura 5: Imagen cerebral en la comparativa de condiciones Primera>Tercera persona en Flamenco, donde resulta significativa la activación de 1.-Orbito Frontal Córtex, 2.-Insula- Putamen- Orbito Frontal Córtex 3.-Amygdala, 4.-Middle Occipital Gyrus, 5.-Anterior Cingulate, 6.-Middle Frontal Gyrus 7.-Insula, 8.-Putamen, 9.-Inferior Frontal Gyrus, 10.-Supramarginal Gyrus, 11.-Postcentral Gyrus 12.-Inferior Parietal Lobule & Supramarginal Gyrus, 13.-Supplementary Motor Area. Z corresponde a la coordenada sagital y la barra vertical indica el valor t.

Las neuronas de la empatía.

Por último, estudiamos la correlación entre la empatía, la calidad técnica medida por sus calificaciones y el duende (ver tabla 7) con la activación diferencial de las zonas cerebrales en la observación de Flamenco en primera persona versus tercera persona, obteniendo una correlación significativa ($p<0.05$) entre las siguientes áreas y la empatía: la activación diferencial de la ínsula en Flamenco en primera persona correlaciona con la puntuación total en empatía

(0.69) y con EE (0.67)- estrés empático. A su vez las activaciones de estas tres áreas correlacionan entre sí: BA44 con ínsula (0.88), giro cingulado con ínsula (0.80) y BA44 con giro cingulado (0.81). La activación de BA11 no correlaciona con la de la ínsula ni con la del giro cingulado ni con el área de Broca. La activación diferencial del giro cingulado correlaciona con la empatía total (0.63). Estas tres áreas (BA44, BA13 y giro cingulado, en este orden) correlacionan con las activaciones en Flamenco en primera persona de BA1, BA2, BA5 y BA7 (0.82, 0.93, 0.94, 0.95; 0.93, 0.94, 0.87, 0.86; 0.75, 0.88, 0.93, 0.92 respectivamente).

A su vez, las áreas anteriores (BA1, BA2, BA5, BA7, BA13, BA44 y BA24/32 en este orden), que forman parte del efecto primera persona en flamenco, y correlacionan positivamente entre sí, correlacionan negativamente todas con la activación de las mismas áreas en el efecto experiencia (flamenco en tercera persona versus deporte en tercera persona). Para BA1 con las áreas en el efecto experiencia: -0.81, -0.87,-0.93,-0.91,-0.74,-0.65,-0.60; -0.73,-0.87. Para BA2:-0.98,-0.91, -0.86,-0.83,-0.87. Para BA5: -0.55,-0.79,-0.94,-0.94,-0.90,-0.93,-0.90. Para BA7:-0.50,-0.75,-0.93,-0.91,-0.78,-0.94,-0.95. Para BA13: -0.74,-0.86,-0.90,-0.78,-0.78,-0.95,-0.75. Para BA44: -0.60,-0.83,-0.93,-0.94,-0.74,-0.95,-0.89. Para BA24/32: -0.65,-0.87,-0.90,-0.95,-0.71,-0.88,-0.90. Es decir, hay un *trade-off* entre el efecto primera persona (o discriminación del *self*) y el efecto experiencia (o solapamiento del *self*), de manera que, para las bailarinas con mayor activación de estas áreas en tercera persona, se requiere una menor activación adicional de las mismas en primera persona para discriminar el *self* y viceversa. Este *trade-off* apoya una teoría del umbral para la autoconciencia. Las mismas áreas participan en la discriminación del *self* y en el solapamiento *self-other*, pero con mayor nivel de activación en la discriminación del *self*, donde deben superar un umbral de activación. Las personas con mayor empatía requieren menos activación adicional para cruzar el umbral de discriminación del *self*.

Por otra parte, la nota académica correlaciona negativamente con empatía (-0.70) con AP (-0.64) –adopción de perspectivas-y con EE (-0.72)-estrés empático. La correlación entre la calidad técnica y el duende es positiva, de 0.64. El duende correlaciona con la activación de la ínsula y giro cingulado en flamenco en primera persona (-0.80 y -0.79 respectivamente), su correlación con BA1,2,5 y 7 en el efecto primera persona en flamenco es negativa pero no significativa (-0.79,-0.78,-0.67,-0.67) pero es positiva y significativa con BA1, BA2, BA5 y BA7 en el efecto experiencia (0.85,0.84,0.85,0.82). Esto es, el duende correlaciona positivamente con las activaciones sensoriomotoras del efecto experiencia y negativamente con las activaciones diferenciales del efecto persona. Esto apoyaría que el duende es un cualia dissociable del *self*, una

propiedad secundaria vinculada al solapamiento entre *self* y *others* o al efecto experiencia. Destacar que la empatía de las bailarinas es muy baja (por debajo del percentil 20), por lo que la correlación con las activaciones cerebrales, el duende y la calidad técnica dentro de esta ventana pequeña de diferencias en empatía debe ser subrayada por su capacidad discriminativa.

TABLA 7: Puntuaciones en escala TECA de empatía, dominio de la técnica (calificación académica), duende (hallado interjueces) y activaciones cerebrales diferenciales en Flamenco en primera persona versus en tercera persona para las áreas giro cingulado (BA24/32), BA11, BA44 e ínsula con sus coordenadas y t correspondiente.

SUBJECT	TECA SCALE										DUENDE	TÉCNICA (0-10)	REGIONS BA24/32	Side				BA11	BA44	INSULA	Side				
	AP	CE	EE	AE	PD	TOTAL	PC	TOTAL	X	Y				Z	t	X	Y				Z	t			
1	27	25	18	29	99	10		10		5	6.95	0,083	BI	2	10	26	1,97	-0,273	0,015	-0,195	R	46	10	-6	1,8
2	22	28	21	30	101	15		15		7	7.10	0,438	BI	4	18	28	3,9	0,036	0,856	0,393	R	48	12	-2	4,86
3	23	25	19	28	95	4		4		6	7.40	0,384	BI	-8	46	6	3,05	0,499	0,603	-0,155	L	48	8	14	1,74
4	27	28	20	32	107	20		20		2	6.00	-0,066	NO					-0,267	0,615	-0,035	R	46	6	14	2,28
5	28	32	22	26	108	25		25		6	7.40	0,003	NO					-0,455	0,100	-0,059	NO				
6	24	28	25	26	103	15		15		3	7.10	0,297	BI	2	12	28	2,6	-0,035	0,628	0,390	R	42	6	-6	3,69
7	34	26	23	34	117	40		40		2	5.62	1,434	BI	4	20	28	3,33	0,108	2,195	0,904	L	30	18	4	1,88
8	27	30	19	30	106	20		20		4	6.20	0,712	BI	2	20	22	3,3	-0,314	0,217	0,126	R	32	16	-4	2,21
9	28	28	16	31	103	15		15		7	6.30	-0,171	NO					-0,216	0,032	-0,088	NO				
10	26	24	20	30	100	10		10		8	7.90	-0,039	BI	2	34	14	1,67	-0,745	0,559	0,162	NO	46	6	4	3,01

El efecto experiencia

Nuestra idea de partida era obtener una mayor activación del sistema de solapamiento *self-other* en Flamenco (por la mayor experiencia) que en Ballet y en ambos bailes frente al ejercicio físico, replicando los resultados de Calvo-Merino y colaboradores (2005). En tercera persona ya lo hicimos (Salazar y otros, enviado) y ahora pretendemos verificar este resultado en primera persona (Ver apéndice 1). Una vez confirmada esta mayor activación del sistema espejo en la observación de flamenco que en ballet y en la observación de Danza frente a ejercicio físico en primera persona, podemos discutir sobre nuestra hipótesis: a mayor activación del sistema de solapamiento *self* versus *others*, mayor complejidad de la representación del *self* para poder discriminar la primera de la tercera persona. Respecto al efecto experiencia, en flamenco en primera se produce una mayor activación temporofrontal que en Ballet en primera (BA4, 6 (giro precentral bilateral y área motora suplementaria izquierda, cuya activación se asocia a preparación motora como en la imitación), BA21,22 (giro temporal superior y medio derechos),BA39 (giro temporal medio izquierdo),BA9,10 (giro frontal medio y superior bilateral) ,BA46 (giro frontal inferior derecho),BA47 (córtex orbitofrontal bilateral),BA32/10 (cíngulo anterior derecho) e hipocampo izquierdo. Además del giro occipital medio derecho (BA18, 19), putamen y pálido bilaterales. Es decir, ocurre la activación diferencial de circuitos frontosubcorticales motores, cognitivos (dorsolateral) y emocionales (circuito cingulado anterior y orbitofrontal). Existe una menor activación en flamenco en primera persona respecto a ballet en primera persona para el lóbulo occipital y el córtex calcarino a nivel bilateral. Así como una menor activación bilateral del lóbulo parietal inferior, del lóbulo parietal superior y del giro frontal medio. Es decir, una menor activación sensoriomotora y una mayor activación temporofrontal (asociada a los cualias, el sistema límbico y la conexión cognitivo-emocional). La mayor activación temporofrontal se asocia a la observación de acciones con significado mientras que la mayor activación occipitoparietal se asocia a acciones sin significado (Decety, et al., 1997). Es decir, en las imágenes de ballet se observan acciones sin o con menor significado mientras que en las imágenes de flamenco se imitan acciones con significado. La red temporofrontal del flamenco es más cognitiva o asociada a la ToM o habilidad para entender estados mentales como intenciones, metas o creencias. La red sensoriomotora del ballet se asociaría más a la empatía o a la habilidad para compartir emociones y sensaciones. Las emociones se desarrollarían antes que las habilidades mentales (Singer, 2006).

Si comparamos a ambas danzas con el ejercicio físico para observación en primera persona del efecto experiencia, se produce una mayor activación de BA19,37,39 (giro occipital y temporal medio derecho), ligado a la percepción del movimiento y al reconocimiento e imitación de gestos (Hermsdörfer, et al., 2001); bilateral de BA40 con BA2, 5, 7 (giro postcentral-supramarginal, lóbulo parietal posterior, precúneo), BA44 y 45 (giro frontal inferior derecho), BA46 (triángulo frontal izquierdo) y 6/24 (giro frontal superior y medio). Además del cerebelo bilateral, el putamen, pálido bilateral y tálamo izquierdo. Es decir, una mayor activación en la danza de circuitos frontosubcorticales, sobre todo del dorsolateral asociativo. En general, obtenemos mayor activación de un circuito parieto-frontal, que constituye el sistema espejo extendido en humanos (Pineda, 2008), esto es, el sistema dorsal de la acción. La función del giro frontal inferior es monitorizar la acción y ser agente de la acción (Loevenbruck, Dohen, & Vilain, 2009) para la imitación y el *action understanding* (Kohler, et al., 2002). Existe una menor activación en las danzas en primera persona frente al deporte en primera para la ínsula izquierda, el giro supramarginal derecho (BA 40- otra zona de activación diferente) y el giro temporal medio (BA21). Estos resultados se mantienen, si el análisis se hace por separado para cada baile frente al deporte en primera persona (ver apéndice 1-B).

Es decir, el baile se diferencia del ejercicio físico en una mayor activación parietofrontal del sistema espejo para la comprensión e imitación de la acción observada, para la empatía. El flamenco se diferencia del ballet en una menor activación occipitoparietal pero una mayor activación temporofrontal. Es decir, en flamenco se imitan acciones con significado para el que las ejecuta y en ballet se observan acciones con menor significado. Podría decirse que en flamenco se activa más la Teoría de la mente, es más cognitivo, más vinculado a la habilidad de acceder a las intenciones, metas y creencias del bailar, no solo a sus emociones y sensaciones. En cada caso la representación del *self* como vimos es diferencial: más asociada al conjunto ínsula-córtex parietal inferior y un punto de vista externo para el ejercicio físico, más vinculada a una representación sensoriomotora y cognitiva (asociativa) en ballet y más semántica, autobiográfica y cualitativa en flamenco. Por último, no olvidemos el *trade-off* entre el efecto persona y el efecto experiencia, que apoyaría la teoría de un umbral de activación para la autoconciencia de las mismas áreas cerebrales ligadas al sistema espejo. Destacar también la relación del duende con las activaciones cerebrales sensoriomotoras del efecto experiencia, que apoyaría la disociación entre cualia y *self*.

DISCUSIÓN

El efecto persona conjunto (para todas las acciones: ejercicio y danza) nos ofrece una representación del *action-self* que implica a la ínsula y al córtex parietal posterior inferior también para acciones ecológicas (Gallagher, 2007) y no sólo para acciones discretas de efectores particulares- además del cíngulo medio y el área motora suplementaria. El efecto persona para los ejercicios deportivos básicos nos ofrece una representación del *self* por defecto (el yo visto en tercera persona) que implica a la ínsula y al córtex parietal inferior. En el caso de las habilidades, esta representación es más compleja y varía según la experiencia, pero sólo incluye a la ínsula y al córtex parietal inferior para las danzas en conjunto (además del precúneo, el área motora suplementaria, el cíngulo medio y la amígdala) y no para cada danza por separado. En ballet de modo aislado no se activa de manera diferencial con la primera persona el córtex parietal posterior inferior (no BA40 pero sí BA39) y sí lo hace la ínsula, además del córtex somatosensorial primario y del córtex parietal posterior superior junto al córtex occipital asociativo. La activación de la ínsula en cada danza es variable, en el conjunto BA13-22-47 en ballet y en el conjunto BA13-38-47 en flamenco. En flamenco sí se activa BA40 derecho. Respecto a las coactivaciones prefrontales, en ambos se activa BA10 pero sólo bilateral en flamenco, y de forma exclusiva sólo en ballet BA46 y sólo en flamenco BA44, BA11 y BA24/32. Es decir, del conjunto básico ínsula y córtex parietal inferior se mantiene en la observación en primera persona de cada actividad por separado (flamenco y ejercicio físico, no en ballet), además de en ambas danzas en conjunto y en las tres acciones en conjunto.

Si comparamos con mayor detalle el efecto persona (primera versus tercera) en flamenco y en ballet (ante diferentes niveles de experiencia) obtenemos las siguientes áreas de Broadmann comunes: BA18-19 (áreas de asociación visuales que participan en ToM); B13, 22 o 38, 47 clúster vinculado a la activación del *self*; BA6, 10 (giro frontal medio, implicado en comprensión de la acción, planificación, control de la acción, memoria de trabajo y atribución de intenciones) y el área motora suplementaria ligada a la planificación de la acción; BA1, 2, 5 o 7 (Giro postcentral, áreas del sistema espejo somatosensorial implicadas en la empatía, en la imitación o la comprensión de acciones y el *action-self*), además de BA40 en flamenco y BA39 en ballet (córtex parietal inferior). En resumen, las áreas específicas centrales o básicas del efecto persona son: BA1, 2, 5 ó 7 (giro postcentral), BA6 (giro frontal medio y área motora suplementaria) y el conjunto BA13, 22 ó 38, 47 (ínsula y córtex orbitofrontal) en hemisferio derecho; o lo que es lo mismo, el yo físico multisensorial organizado topográficamente en BA1,2 y córtex parietal superior, la preparación para la acción representada por el área motora

suplementaria y la conexión ínsula córtex orbitofrontal o conexión entre el yo físico y el visceral (V.S. Ramachandran, 2012). Al yo motor por defecto (BA39 o 40 más la ínsula) en ejercicio físico debemos añadir el córtex sensoriomotor (BA18-19, 1, 2, 5,7) más el área motora suplementaria (BA6) y el córtex orbitofrontal (BA47). Es decir, al yo motor por defecto del ejercicio físico se le añade el sistema espejo occipitoparietofrontal en la danza.

Para ballet, se activan de modo diferencial el putamen, el cerebelo bilateral, el giro fusiforme izquierdo y BA46 (córtex prefrontal dorsolateral derecho, vinculado a memoria de trabajo, sistema espejo y procesamiento en *self-reflections*). El cerebelo y el giro fusiforme se han vinculado a *action-self*, el reconocimiento corporal y la familiaridad perceptual. Esto es, se le añade la conexión entre el yo en movimiento (córtex prefrontal dorsolateral) y el yo físico más el yo visceral.

Las áreas específicas para flamenco son la ínsula izquierda, BA24/32 (córtex cingulado anterior bilateral o neuronas de la empatía según Ramachandran), y en menor medida, BA11 (córtex orbitofrontal izquierdo ligado a la empatía cognitiva), BA44 (giro frontal inferior izquierdo) y la ínsula izquierda. Es sugerente relacionar todas estas áreas vinculadas al *self* en relación a la autobiografía o la personalidad (BA11), a la conciencia autonómica (BA10, BA24/32 y BA13), el repaso mental, los movimientos expresivos y el sistema espejo (BA44) con el duende flamenco (el flamenco se diferencia de otras danzas en el papel del “alma” en su ejecución, esto es, por sus cualías, por aspectos que van más allá de la técnica). Las correlaciones obtenidas con la empatía, con la nota en calidad técnica y con el duende, en relación a la activación de ACC y la ínsula, apoyarían esta interpretación. Es decir, el efecto persona en flamenco es más frontal que en ballet, donde es más parietal. En flamenco se activaría el yo físico, el yo motor, el yo visceral y los aspectos conceptuales del yo. En ballet, sobre todo el yo motor (córtex prefrontal dorsolateral) a modo de un cuerpo animado en movimiento experimentado de forma consciente que se mueve en tiempo y espacio, y al que corresponden en menor medida los aspectos emocionales (el prefrontal dorsomedial) y la conexión cognitivo-emocional (el prefrontal ventromedial), esto es, la personalidad y el yo visceral. Cabe destacar que las áreas específicas de la primera persona al observar flamenco son neuronas de la empatía (BA24/32, BA44, BA11 e ínsula), como si la observación de flamenco en primera persona fuese un yo extendido.

Parece claro que el efecto primera persona se ve afectado por el nivel de experiencia y que a mayor experiencia parecen intervenir mayor número de áreas vinculadas al arousal, a la

representación del *self*, a la empatía y la conciencia autonómica. Salazar y colaboradores (enviado) muestran una mayor activación del sistema espejo en flamenco que en ballet para nuestras bailarinas –ver apéndice 1 para una valoración del efecto experto en primera persona- además de que en danza en general la activación del sistema espejo es mayor que en los ejercicios físicos. En observación de la danza ocurre una mayor activación parieto-temporo-frontal que en el ejercicio físico. En la observación de flamenco se da una mayor activación temporofrontal que en ballet, donde la mayor activación es parietofrontal asociativa. De este modo, el *action-self* en ejercicio físico es por defecto (parietal inferior e ínsula) en ballet se añade la activación occipitoparietal o sensoriomotora y en flamenco se añade a la representación del *self*, la activación frontal y emocional. El efecto persona y el efecto experiencia son dissociables en términos cerebrales (discriminación del *self*: BA40 en ejercicio; BA13, 38,47 en danza; BA11, BA44 y BA24/32 en flamenco y solapamiento *self-others*: BA19, 37,39 en danza respecto a deporte) pero el resto de áreas cerebrales participan en ambos efectos.

En conclusión, la separación entre el sistema cerebral que discrimina el *self* de los otros frente al sistema cerebral que solapa al *self* y los otros no es clara, hay una serie de áreas comunes, por no decir todas. Estas áreas pueden cumplir el papel de solapar o discriminar según las circunstancias (en función de su nivel de activación). En resumen, hemos mostrado activación de áreas vinculadas al sistema espejo o la ToM (solapamiento *self-others*) en primera persona (BA1,2,5,7,22,24,32,38,47,13). También hemos mostrado la activación de áreas vinculadas a la representación del *self* en el efecto experiencia (ínsula, cerebelo, amígdala, giro fusiforme, giro cingulado, córtex somatosensorial, el giro supramarginal...). Hemos obtenido un *trade-off* entre ambos efectos.

En conjunto, el efecto primera persona (en auto-reconocimiento corporal en movimiento en función del tipo de danza) es variable según la experiencia, pero incluye una red parieto-frontal derecha vinculada al sistema espejo a la que se añaden áreas de discriminación del *self* –siendo la pieza básica la ínsula y/o BA40-. A mayor experiencia se activan en mayor medida y mayor número de áreas vinculadas al *self*. Parece que las fronteras entre *action-self*, *self*-corporal y *self*-autobiográfico son difusas y que no existe un área o red básica para el *action-self* en general (el candidato sería el conjunto ínsula y córtex parietal posterior inferior) ni para la danza (el conjunto común es el córtex somatosensorial primario, el parietal superior, el área motora suplementaria, la ínsula y el córtex orbitofrontal además del córtex occipital asociativo).

En la introducción dijimos que esperábamos una discriminación del *self* espiritual en flamenco, cognitiva en ballet y sensoriomotora en deporte. Hemos obtenido una discriminación basada en factores de personalidad y emocional en flamenco, cognitiva y sensoriomotora en ballet y un yo motor por defecto observado en tercera persona en los ejercicios físicos. Es decir, nuestro self es variable, como diría Ortega y Gasset: Yo soy yo y mis circunstancias. En nuestro caso, yo soy yo y mis acciones. La representación del yo es diferente para la observación de cada tipo de acción o habilidad. Nuestras bailaoras son más ellas observándose en flamenco en primera persona (*selfknowledge*, *actionself*, factores de personalidad y emocionales), pero también en ballet en primera (*sensoriomotor-self*) o ejecutando ejercicios aeróbicos (el yo por defecto visto en tercera persona). En todas estas variaciones, la representación del self cambia.

Por último, aunque el problema del yo y el de los cualias son distintos pero relacionados (Ramachandran, 2012), hemos obtenido correlaciones entre la activación del a ínsula y el cíngulo en flamenco en primera persona con la empatía, lo que lleva a considerarlas como áreas vinculadas al solapamiento *self-other* y a la discriminación del self en función de su nivel de activación, pero su correlación con el duende (un cualia) en el efecto persona es negativa, lo que apoya la discriminación entre cualia y *self*, vinculando el duende más al efecto experiencia que al efecto persona, esto es, el duende es una propiedad secundaria, exige un actor y un observador, un solapamiento *self-other*.

DISCUSIÓN

Existen múltiples definiciones de la psicología adaptadas a diferentes periodos históricos, y podríamos afirmar con temor a equivocarnos, que la psicología es una de las ciencias que estudia la naturaleza humana, al menos en varias dimensiones (y sus relaciones): la fisiológica, la conductual, la emocional, la social y la cognitiva, todas con límites difusos. Este trabajo ha querido mostrar cómo pueden abordarse fenómenos complejos desde las conexiones entre varias de estas dimensiones, esto es, como parte del problema mente-cerebro entendido en su versión fácil (conexiones entre procesos cognitivos y áreas cerebrales) y sobre todo, en su versión difícil (la relación entre experiencia subjetiva y activaciones cerebrales). Se trata de fenómenos como el sexo, la sinestesia o la danza. Han sido abordados desde el punto de vista de los cuádras y/o las activaciones somáticas y cerebrales subyacentes con técnicas como la encuesta, la termografía y la resonancia magnética. Se podrían haber elegido otros fenómenos, se trata de mostrar que es posible abordar con el método científico aspectos inefables como el duende flamenco o el orgasmo femenino. Pero la principal contribución de esta tesis es mostrar la utilidad de la termografía psíquica, esto es, además de ser usada para “cazar fantasmas” en mansiones abandonadas (parapsicología) o para detectar humedades en las mismas (su aplicación industrial), se puede utilizar (las asimetrías térmicas corporales) como un marcador somático (Damasio, 1993).

La termografía se presenta como una técnica sencilla, no invasiva, fácil de aplicar y que ofrece un dato directamente relacionado con cambios fisiológicos del organismo. En la primera parte de esta tesis hemos recorrido sus aplicaciones más comunes, centrándonos en aquellas que están siendo útiles en psicología, como la medición de la carga mental, la detección de la mentira o el bostezo. La parte más significativa y la que hace a la termografía un instrumento para el estudio de procesos psicológicos es el conocimiento de que el organismo busca de forma constante un equilibrio térmico entre el interior y el entorno que le ayude a preservar sus funciones (Jones, 1998). Nuestro principal objetivo ha sido evaluar si la termografía es útil para la psicología básica, en concreto para el estudio científico de la experiencia subjetiva.

El conocimiento de los protocolos de uso de esta técnica ha permitido precisar cambios térmicos ínfimos a la hora de realizar las mediciones que se presentan en este trabajo

con las obligadas garantías contextuales. Quisiera destacar que los diferentes experimentos realizados se han perfeccionado conforme se avanzaba en la práctica con la cámara termográfica, dando lugar a termogramas y gráficos de ejecución de gran calidad y en sintonía con los objetivos planteados en esta tesis.

Sexo y orgasmo

El sexo es interesante para la aplicación de técnicas como la termografía, para medir por ejemplo la excitación sexual, eso que se denomina en el lenguaje popular “ponerse caliente”. Aquí lo hemos abordado desde la perspectiva de la excitación sexual como experiencia subjetiva diferencial en hombres y mujeres (al menos respecto a su latencia subjetiva) y sus correspondencia somática (aumento local de la temperatura en zonas erógenas); también deteniéndonos en su parte conductual, estudiando las variables que influyen en el orgasmo femenino, y en la fisiológica, abordando la excitación femenina y masculina. En el primer trabajo sobre el cualia del orgasmo, encontramos algunas diferencias notables entre hombres y mujeres en cuanto a rasgos de personalidad. Los hombres deben ser egoístas, seguros y conformistas mientras que las mujeres deben ser generosas, rebeldes e infieles, lo que viene a significar patrones de personalidad, en gran medida, opuestos. La teoría de la falsa alarma (controlada por la activación y desactivación de la amígdala, en una secuencia de alerta y seguridad) que explicaría la risa no se relaciona con la facilidad para alcanzar el orgasmo en las mujeres. De ser así, entenderíamos por qué las mujeres buscan siempre hombres que las hagan reír, esto es, hombres que les produzcan orgasmos.

En la segunda parte del estudio de la respuesta sexual hemos presentado la aplicación de la termografía a una zona de excitación no genital mediante la exposición de los sujetos a diferentes videos estimulares. Aunque no obtuvimos datos generalizables a la población, si que se encontraron algunas diferencias entre la preferencia de los hombres por los videos sexuales explícitos frente a la de las mujeres por los eróticos en cuanto a la excitación. Somos conscientes de que este tipo de estudios necesitan una muestra más amplia de la utilizada y de que el tamaño del pecho o la zona a medir deben contralarse con mayor precisión, aunque creemos que con la realización de experimentos en esta línea se pueden obtener datos de valor acerca de la respuesta térmica en zonas secundarias ante la estimulación sexual.

Sinestesias de baja frecuencia

La sinestesia es una de las líneas de investigación de mi grupo de trabajo desde hace años, por lo que parte de los datos aportados complementan otros trabajos ya publicados. En este sentido nuestro primer artículo refleja la diversidad de impresiones que genera en los expertos el estudio de la sinestesia tacto-espejo, como forma particular de sinestesia emocional y frente a otra sinestesia emocional como es la sinestesia persona-color. Nos centramos en exponer que hay que diferenciar el tema de estudio, la sinestesia, del modo en el que se estudia (con que perspectiva de filosofía de la mente y de filosofía de la ciencia). Además, sugerimos posibles líneas de desarrollo de la investigación sobre la sinestesia tacto-espejo, tanto para demostrar que es un fenómeno real como para relacionar a la sinestesia con ciertas creencias esotéricas como la visión del aura o la imposición de manos. En esta misma línea, obtener un marcador somático de la sinestesia tacto-espejo, presentamos el segundo capítulo de esta parte, donde se utiliza la termografía (los cambios térmicos locales ante la observación de estímulos táctiles o dolorosos) como índice de la sinestesia tacto-espejo a través de varios participantes con características diferentes. Nuestros resultados muestran que la termografía nos permite un marcador somático de la sinestesia tacto-espejo cuando se trata de personas con muy alta empatía (caso C y caso A) y con una experiencia subjetiva de tacto fantasma, pero no cuando se da solamente uno de estos dos factores. Si la sinestesia es de tipo aura, como la mostrada en el caso M, este marcador térmico no ocurre. Sin duda los estudios de caso único permiten acotar un campo de estudio, aunque no generalizar sus datos. Nosotros apostamos por continuar estudiando a las personas con sinestesia a nuestro alcance, pues la variedad de experiencias subjetivas que pueden mostrar configura un amplio abanico de fenómenos dignos de estudio, que pueden por otra parte desembocar en conclusiones aplicables al resto de la población una vez que se delimitan los mecanismos que subyacen a esas experiencias.

Duende Flamenco

Nuestra investigación más extensa se centra en el estudio del cualia del duende flamenco, que no sólo es una experiencia subjetiva que marca a quien lo posee, sino que lo identifica ante los demás. Gran parte de los trabajos de esta tesis se han centrado tanto en su aspecto más subjetivo como en los marcadores somáticos y los correlatos cerebrales que podría tener. Nuestro primer capítulo de esta serie experimental sobre el flamenco, nos muestra el efecto de experto en el cerebro: activación del córtex premotor, del surco temporal

superior y el córtex parietal cuando bailaoras de flamenco ven estímulos de su disciplina frente a los de otro tipo de danza, lo que quiere decir que la respuesta cerebral a una acción está influenciada por la habilidad del observador para ejecutarla (Calvo Merino, et al., 2005) y que en las áreas BA4 y BA6 existe una representación de los patrones motores en los que un sujeto es experto. En este efecto experto encontramos paralelismos con la ubicación cerebral de las neuronas espejo, con la teoría de la mente y también con circuitos subcorticales inconscientes como ciertas estructuras del sistema límbico. En este primer paso destacamos el papel de las neuronas espejo y de los componentes más emocionales del flamenco para retratar los cerebros de nuestras expertas, mientras que ofrecemos datos coherentes a los de muchos otros autores que estudian el movimiento y el aprendizaje.

En nuestro segundo estudio nos centramos en la estética del movimiento y su correlato cerebral. La danza se caracteriza por ser algo bello, para el que la ejecuta y para el que la observa. Entramos así en el campo de la neuroestética. La presentación de estímulos de danza que se consideran más bellos frente a la presentación de algunos que se consideran más feos dibuja un paisaje cerebral que, de un lado, identifica a las expertas en flamenco; de otro lado, también nos permite distinguir entre las funciones específicas del córtex premotor izquierdo y derecho, siendo más de reconocimiento en el primero y más centrado en el análisis de detalle el segundo. Además pensamos que la activación de los circuitos del placer al ver movimientos de flamenco bellos, está relacionada con la experiencia subjetiva del duende, de manera que es posible que la bailarina al ejecutar movimientos más bellos genere impresión de belleza en quien la observa. Nos gustaría destacar el potencial de este hallazgo ya que para los coreógrafos, en numerosas ocasiones, la belleza o lo que gusta de un movimiento deviene de horas de improvisación y combinación de movimientos aparentemente al azar. Quizás la propia tendencia del cerebro experto a combinar movimientos más “a su gusto” da como resultado coreografías al gusto del público. Aunque esto es una hipótesis que se suscita a partir de este estudio, lo consideramos una nueva vía de avance en el estudio de la neuroestética.

El capítulo dedicado a la termografía de la danza también nos ha mostrado resultados sorprendentes, según nuestro parecer. En primer lugar la temperatura del cuerpo de las bailaoras muestra cambios significativos entre un estado de reposo y después de la ejecución de un baile, pero no después de realizar actividad deportiva. Esto apoyaría que bailar no es mero ejercicio físico sino algo más, o algo diferente. Esta diferencia se hace específica para el

flamenco frente a la danza contemporánea en tres zonas: el antebrazo anterior y posterior (se eleva su temperatura) y los glúteos (desciende su temperatura), obteniéndose así un marcador somático de un cualia (el duende flamenco). En cuanto a otros factores, la nota técnica (rendimiento académico) de las participantes está relacionada con el duende, aunque no lo explica. Las áreas cerebrales vinculadas al duende son BA2, 5 y 7 y la ínsula, que participan en la regulación de la temperatura corporal, pero además se asocian al yo corporal en movimiento y al yo visceral. Es interesante destacar que la activación cerebral de estas áreas ante la visión de videos en tercera persona es menor que ante la visión de videos en primera persona, pero correlaciona positivamente con el duende o al empatía sólo en su activación en tercera persona y negativamente respecto a su activación en primera persona, lo que evidencia que el cualia del duende flamenco se vincula a la empatía y al solapamiento entre el yo y los otros, no a la discriminación del yo.

Nuestro último capítulo, es el que realiza una apuesta más significativa por las repercusiones de nuestros estudios en otras líneas de investigación como la conciencia. El conjunto básico ínsula y córtex parietal inferior parece ser el combinado de activaciones que es más estable cuando expertas en un determinado tipo de movimiento ven movimientos en primera persona, ya sea de su disciplina o de cualquier otra. Aquí fue necesario establecer una diferencia entre observar a otros y observarse a sí mismas ejecutando la acción. El yo motor, que ya se apuntaba en el primer capítulo, se sitúa en la activación de BA1 a BA7 (especialmente importante BA6) y el complejo de la ínsula (BA13, 22, 38 ó 47) derecho, es decir, para las expertas al yo motor por defecto se le une el sistema espejo occipito-parieto-frontal cuando se ven a sí mismas bailando frente a hacer ejercicio físico. Pero además si lo que ven es flamenco, entonces el protagonismo de la activación recae en la ínsula izquierda (BA11), relacionada con la autobiografía y la personalidad, en la conciencia autonómica (representada por la activación de BA10, 24/32, 13) y el sistema de las neuronas espejo (BA44). Según nuestros datos y teniendo en cuenta la amplia literatura sobre el movimiento, parece haber una cascada de activaciones para representar el yo: se activa el yo por defecto cuando se trata de personas viéndose realizar movimientos deportivos (parietal inferior e ínsula), que se complementa con activación sensoriomotora (occipito-parietal) cuando se ven bailar en otra disciplina de la danza y que culmina con la activación temporo-frontal cuando lo que ven es movimientos de flamenco. Para nosotros este conjunto podría ser el *alma* del duende flamenco. Nos decantamos por afirmar que a mayor experiencia mayor activación de áreas vinculadas a la representación del yo, cuyas fronteras se nos aparecen como difusas.

La empatía

Queremos hacer una mención especial al estudio de la empatía, que se ha medido en muchos de los experimentos que componen esta tesis. La definición de la RAE nos dice que es *la Identificación mental y afectiva de un sujeto con el estado de ánimo de otro* y los estudios de Rizzolatti (2004) la identifican con las neuronas espejo, pero a partir de este trabajo conocemos algo más: sabemos que las personas con sinestesia tacto-espejo probablemente poseen una empatía alta. Sabemos que parte del sustrato cerebral de la empatía interviene tanto en el solapamiento entre el yo y los otros como en la discriminación del yo (al aumentar su activación) y que no se puede tener duende Flamenco más que a través de una compleja ecuación: la que apunta que se necesita dominio de la técnica y tener baja empatía, pero dentro de esta ventana de baja empatía, cuanto más empatía mayor duende.

Perspectivas futuras

Nuestra conclusión fundamental es que podemos relacionar ciertos cualias (quale en inglés) de naturaleza muy heterogénea con un índice fisiológico basado en los cambios de temperatura corporales. Pese a los inconvenientes que pueda tener la termografía, nosotros apostamos por su uso para conocer mejor el comportamiento humano. Puesto que la investigación sobre el cualia del flamenco nos resultó la más apasionante y la que nos permitía realizar pruebas adicionales que otorgaran mayor interés a nuestra investigación, profundizamos en el estudio de la actividad cerebral donde se nos abrió un nuevo horizonte de investigación y que nos proponemos seguir estudiando. La perspectiva de conocer en mayor profundidad los cambios cerebrales que se producen en expertos, su relación con los cambios de temperatura corporal como marcadores somáticos, las bases neurales de la conciencia o la empatía y desentrañar los misterios de por qué experimentamos los cualia como lo hacemos, se convierte en el futuro de la investigación para quien escribe, asentando los cimientos para estas investigaciones a partir de esta tesis.

BIBLIOGRAFÍA

- Abramson, P. R., & Pearsall, E. H. (1983). Pectoral changes during the sexual response cycle: A thermographic analysis. *Archives of sexual behavior*, 12(4), 357-368.
- Agnew, Z., & Wise, R. J. S. (2008). Separate Areas for Mirror Responses and Agency within the Parietal Operculum. *The Journal of Neuroscience*, 28(47), 12268-12273.
- Ammer, K. (2009). Cold challenge to provoke a vasospastic reaction in fingers determined by temperature measurements; a systematic review. *Thermology international*, 19, 109-127.
- Arumalla, R. R. (2009). *Medical Infrared Image Analysis for detecting skin temperature disparities*. Massachusetts Amherst.
- Baldissera, F., Cavallari, P., Craighero, L., & Fadiga, L. (2001). Modulation of spinal excitability during observation of hand actions in humans. *European Journal of Neuroscience*, 13(1), 190-194.
- Banissy, M., Kadosh, R., Maus, G., Walsh, V., & Ward, J. (2009). Prevalence, characteristics and a neurocognitive model of mirror-touch synaesthesia. *Experimental Brain Research*, 198(2), 261-272.
- Banissy, M., & Ward, J. (2007). Mirror-touch synesthesia is linked with empathy. [10.1038/nn1926]. *Nat Neurosci*, 10(7), 815-816.
- Baron-Cohen, S., Burt, L., Smith-Laittan, F., Harrison, J., & Bolton, P. (1996). Synaesthesia: prevalence and familiarity. *Perception*, 25(9), 1073-1079.
- Baron-Cohen, S., Harrison, J., Goldstein, L. H., & Wyke, M. (1993). Coloured speech perception: is synaesthesia what happens when modularity breaks down? *Perception*, 22(4), 419-426.
- Baron-Cohen, S., Wyk, M. A., & Binnie, C. (1987). Hearing words and seeing colours: an experimental investigation of a case of synaesthesia. *Perception*, 16(6), 761-767.
- Basson, R. (2006). Sexual Desire and Arousal Disorders in Women. *New England Journal of Medicine*, 354(14), 1497-1506.
- Beeli, G., Esslen, M., & Jancke, L. (2005). Synaesthesia: When coloured sounds taste sweet. [10.1038/434038a]. *Nature*, 434(7029), 38-38.
- Berlyne, D. E. (1974). *Studies in the new experimental aesthetics: step toward an objective psychology of aesthetic appreciation*. Washington: Hemisphere Publishing.
- Bernal, B., & Perdomo, J. (2008). Brodmann's Interactive Atlas. from Miami Children's Hospital. Department of Radiology/Brain Institute.:
- Blakemore, S.-J., Bristow, D., Bird, G., Frith, C., & Ward, J. (2005). Somatosensory activations during the observation of touch and a case of vision–touch synaesthesia. *Brain*, 128(7), 1571-1583.
- Bostock, H., Campero, M., Serra, J., & Ochoa, J. L. (2005). Temperature-dependent double spikes in C-nociceptors of neuropathic pain patients. *Brain*, 128(9), 2154-2163.
- Bradshaw, J. L., & Mattingley, J. B. (2001). Allodynia: a sensory analogue of motor mirror neurons in a hyperaesthetic patient reporting instantaneous discomfort to another's perceived sudden minor injury? *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 70(1), 135-136.
- Buccino, G., Binkofski, F., Fink, G. R., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., et al. (2001). Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study. *European Journal of Neuroscience*, 13(2), 400-404.

- Buccino, G., Lui, F., Canessa, N., Patteri, I., Lagravinese, G., Benuzzi, F., et al. (2004). Neural Circuits Involved in the Recognition of Actions Performed by Nonconspecifics: An fMRI Study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *16*(1), 114-126.
- Buckner, R. L., Andrews-Hanna, J. R., & Schacter, D. L. (2008). The Brain's Default Network. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1124*(1), 1-38.
- Cabrera, J. (2012). Niños desaparecidos de Córdoba: Telecinco.es.
- Calvo-Merino, B., Grèzes, J., Glaser, D. E., Passingham, R. E., & P., H. (2006). Seeing or Doing? Influence of Visual and motor Familiarity in action observation. *Current biology*, *16*, 1905-1910.
- Calvo-Merino, B., Jola, C., Glaser, D. E., & Haggard, P. (2008). Towards a sensorimotor aesthetics of performing art. [doi: 10.1016/j.concog.2007.11.003]. *Consciousness and Cognition*, *17*(3), 911-922.
- Calvo Merino, B., Ehrenberg, S., Leung, D., & Haggard, P. (2010). Experts see it all:configural effects in action observation. *Psychological Research*, *74*, 400-406.
- Calvo Merino, B., Glaser, D. E., Grèzes, J., Passingham, R. E., & Haggard, P. (2005). Action Observation and Acquired Motor Skills: An fMRI Study with Expert Dancers. *Cerebral Cortex*, *15*, 1243-1249.
- Carr, L., Iacoboni, M., Dubeau, M.-C., Mazziotta, J. C., & Lenzi, G. L. (2003). Neural mechanisms of empathy in humans: A relay from neural systems for imitation to limbic areas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *100*(9), 5497-5502.
- Cavanna, A. E., & Trimble, M. R. (2006). The precuneus: a review of its functional anatomy and behavioural correlates. *Brain*, *129*(3), 564-583.
- Cela-Conde, C. J., Marty, G., Maestú, F., Ortiz, T., Munar, E., Fernández, A., et al. (2004). Activation of the prefrontal cortex in the human visual aesthetic perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *101*(16), 6321-6325.
- Cohen- Kadosh, R., & Henik, A. (2006). Color congruity effect: Where do colors and numbers interact in synesthesia? [doi:10.1016/S0010-9452(08)70351-4]. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, *42*(2), 259-263.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Craig, A. D. (2002). How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. [10.1038/nrn894]. *Nat Rev Neurosci*, *3*(8), 655-666.
- Craig, A. D. (2009). How do you feel—now? The anterior insula and human awareness. [doi:10.1038/nrn2555]. *Nature Reviews Neuroscience*, *10*(1), 59-70.
- Cross, E. S., Kirsch, L., Luca, F. T., & Schütz-Bosbach, S. (2011). The impact of aesthetic evaluation and physical ability on dance perception. *Frontiers in Human Neuroscience*, *5*, 1-10.
- Cytowic, R. E. (1989). *Synaesthesia: A Union of the senses*. New York: Springer-Verlag.
- Cytowic, R. E. (1993). *The man who tasted shapes*. New York: Putman.
- Cytowic, R. E. (2002). Touching tastes, seeing smells-and shaking up brain science. *Cerebrum*, *4*(3), 7-26.
- Chaminade, T., & Decety, J. (2002). Leader or follower? Involvement of the inferior parietal lobule in agency. *NeuroReport*, *13*(15), 1975-1978.
- Chiu, W., Lin, P., Chiou, H. Y., Lee, W. S., Lee, C. N., Yang, Y. Y., et al. (2005). Infrared Thermography to Mass-Screen Suspected Sars Patients with Fever. *Asia-Pacific Journal of Public Health*, *17*(1), 26-28.
- Chivers, M. L. (2005). A brief review and discussion of sex differences in the specificity of sexual arousal. [doi: 10.1080/14681990500238802]. *Sexual and Relationship Therapy*, *20*(4), 377-390.

- Chivers, M. L., Seto, M. C., Lalumière, M. L., Laan, E., & Grimbos, T. (2010). Agreement of self-reported and genital measures of sexual arousal in men and women: a meta-analysis. *Archives of sexual behavior, 39*, 5-56.
- Chouard, C. H., & Bigot-Massoni, D. (1990). Mechanisms and physiologic role of yawning. *Annales d'oto-laryngologie et de chirurgie cervico faciale : bulletin de la Societe d'oto-laryngologie des hopitaux de Paris, 107*(3), 145-153.
- Damasio, A. R. (1993). *Descartes's Error: Emotion, Reason and the human brain*. New York.
- Damasio, A. R. (2001). *La sensación de lo que ocurre*. Madrid: Debate.
- Day, S. (2005). Some demographic and socio-cultural aspect of Synesthesia. In L. C. Robertson & N. Sagiv (Eds.), *Synesthesia: perspectives from cognitive neuroscience* (pp. 11-33). New York: Oxford University Press.
- Decety, J., Grèzes, J., Costes, N., Perani, D., Jeannerod, M., Procyk, E., et al. (1997). Brain activity during observation of actions. Influence of action content and subject's strategy. *Brain, 120*(10), 1763-1777.
- Dennet, D. (1995). *La conciencia explicada: una teoría interdisciplinar*. Barcelona: Paidós.
- Di Carlo, A. (1995). Thermography and the possibilities for its applications in clinical and experimental dermatology. *Clinics in dermatology, 13*(4), 329-336.
- Disbrow, E., Roberts, T., & Krubitzer, L. (2000). Somatotopic organization of cortical fields in the lateral sulcus of Homo sapiens: Evidence for SII and PV. *The Journal of Comparative Neurology, 418*(1), 1-21.
- Dixon, M. J., Smilek, D., Cudahy, C., & Merikle, P. M. (2000). Five plus two equals yellow. [10.1038/35019148]. *Nature, 406*(6794), 365-365.
- Eddy, A. L., Van Hoogmoed, L. M., & Snyder, J. R. (2001). The Role of Thermography in the Management of Equine Lameness. [doi: 10.1053/tvj.2001.0618]. *The Veterinary Journal, 162*(3), 172-181.
- Edquist, J., Rich, A. N., Brinkman, C., & Mattingley, J. B. (2006). Do Synaesthetic Colours Act as Unique Features in Visual Search? [doi: 10.1016/S0010-9452(08)70347-2]. *Cortex, 42*(2), 222-231.
- Ehrsson, H. H., Spence, C., & Passingham, R. E. (2004). That's My Hand! Activity in Premotor Cortex Reflects Feeling of Ownership of a Limb. *Science, 305*(5685), 875-877.
- Esterman, M., Verstynen, T., Ivry, R. B., & Robertson, L. C. (2006). Coming Unbound: Disrupting Automatic Integration of Synesthetic Color and Graphemes by Transcranial Magnetic Stimulation of the Right Parietal Lobe. [doi: 10.1162/jocn.2006.18.9.1570]. *Journal of Cognitive Neuroscience, 18*(9), 1570-1576.
- Fadiga, L., Fogassi, L., Pavesi, G., & Rizzolatti, G. (1995). Motor facilitation during action observation: a magnetic stimulation study. *J. Neurophysiology, 73*, 2608-2611.
- Farrer, C., & Frith, C. D. (2002). Experiencing Oneself vs Another Person as Being the Cause of an Action: The Neural Correlates of the Experience of Agency. [doi: 10.1006/nimg.2001.1009]. *NeuroImage, 15*(3), 596-603.
- Fernández, I., Botella, M., & Bedmar, E. (2009). Microbiología Forense, bioindicadores de data muerte. *Biólogos, Revista del Colegio Oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid, 20* (2).
- Ferrari, P. F., Rozzi, S., & Fogassi, L. (2005). Mirror neurons responding to observation of actions made with tools in monkey ventral premotor cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience, 17*, 212-226.
- Ferreira, J., Mendonça, L., Nunes, L., Andrade Filho, A., Rebelatto, J., & Salvini, T. (2008). Exercise-Associated Thermographic Changes in Young and Elderly Subjects. *Annals of Biomedical Engineering, 36*(8), 1420-1427.
- Ferri, F., Frassinetti, F., Ardizzi, M., Costantini, M., & Gallese, V. (2012). A Sensorimotor Network for the Bodily Self. [doi: 10.1162/jocn_a_00230]. *Journal of Cognitive Neuroscience, 24*(7), 1584-1595.

- FLIR Systems, A. (2011). *Guía sobre termografía para aplicaciones en edificios y energía renovable*.
- Fonseca-Pedrero, E., Santaren-Rosell, M., Lemos- Giráldez, S., Paino, M., Sierra-Baidrie, S., & Muñoz, J. (2011). Síntomas psicóticos subclínicos en población general adolescente. *Actas españolas de psiquiatría*, 39 (3), 155-162.
- Franquelo Morales, P., Panadero Sánchez, A., González Martínez, F., & Losada Ruiz, S. (2009). Fenómeno de Raynaud. . *Revista Clínica de Medicina de Familia* 2, 309-311
- Frijda, N. H. (1986). *The emotions*: Cambridge University Press.
- Frith, C. (2002). Attention to action and awareness of other minds. [doi: 10.1016/S1053-8100(02)00022-3]. *Consciousness and Cognition*, 11(4), 481-487.
- Fuentes, L., Cohen-Kadish, R., Catena, A., & Henik, A. (2007). *Synaesthesia experience under post-hypnotic suggestion: Evidence in favour of the desinhibition hypothesis*. Paper presented at the Segundo Congreso Internacional de Sinestesia, Ciencia y Arte.
- Gallagher, S. (2007). Simulation trouble. [doi: 10.1080/17470910601183549]. *Social Neuroscience*, 2(3-4), 353-365.
- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, 119(2), 593-609.
- Gallese, V., Keysers, C., & Rizzolatti, G. (2004). A unifying view of the basis of social cognition. [doi: 10.1016/j.tics.2004.07.002]. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(9), 396-403.
- Gallup, A. C., & Gallup Jr, G. G. (2007). Yawning as a brain cooling mechanism: Nasal breathing and forehead cooling diminish the incidence of contagious yawning. *Evolutionary Psychology*, 5(1), 92-101.
- García-Lorca, F. (1933). *Juego y Teoría del Duende*. Paper presented at the Sociedad de amigos del artes.
- Geer, J. H., Morokof, P., & Greenwood, P. (1974). Sexual arousal in women: the development of a measurement device for vaginal blood volume. *Archives of sexual behavior*, 3, 559-564.
- Gelnar, P. A., Krauss, B. R., Sheehe, P. R., Szeverenyi, N. M., & Apkarian, A. V. (1999). A comparative fMRI study of cortical representations for thermal painful, vibrotactile, and motor performance tasks. *Neuroimage.*, 10 (4), 460-482.
- Genno, H., Ishikawa, K., Kanbara, O., Kikumoto, M., Fujiwara, Y., Suzuki, R., et al. (1997). Using facial skin temperature to objectively evaluate sensations. [doi:10.1016/S0169-8141(96)00011-X]. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19(2), 161-171.
- Georgiadis, J. R., Kortekaas, R., Kuipers, R., Nieuwenburg, A., Pruim, J., Reinders, A. A., et al. (2006). Regional cerebral blood flow changes associated with clitorally induced orgasm in healthy women. *The European journal of neuroscience*, 24(11), 3305-3316.
- Gershon-Cohen, J., Haberman-Brueschke, J. A., & Brueschke, E. E. (1965). Medical thermography: a summary of current status. *Radiologic clinics of North America*, 3(3), 403-431.
- Giummarra, M. J., & Bradshaw, J. L. (2009). Synaesthesia for Pain: Feeling Pain with Another Mirror Neuron Systems. In J. A. Pineda (Ed.), (pp. 287-307): Humana Press.
- Giummarra, M. J., Gibson, S. J., Georgiou-Karistianis, N., & Bradshaw, J. L. (2008). Mechanisms underlying embodiment, dis embodiment and loss of embodiment. [doi: 10.1016/j.neubiorev.2007.07.001]. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32(1), 143-160.
- Goldspink, G., & Harridge, S. D. R. (2004). Growth factors and muscle ageing. [doi: 10.1016/j.exger.2004.08.010]. *Experimental Gerontology*, 39(10), 1433-1438.
- Gómez- Milán, E., Salazar- López, E., Verdejo, J., Beltrán, D., González, A., Iborra, O., et al. (enviado). Autoconciencia y ¡olé!: Yo soy yo y mis acciones. *Science*.

- Grèzes, J., & Decety, J. (2002). Does visual perception of object afford action? Evidence from a neuroimaging study. [doi: 10.1016/S0028-3932(01)00089-6]. *Neuropsychologia*, 40(2), 212-222.
- Grèzes, J., Fonlupt, P., Bertenthal, B., Delon-Martin, C., Segebarth, C., & Decety, J. (2001). Does Perception of Biological Motion Rely on Specific Brain Regions? [doi: 10.1006/nimg.2000.0740]. *NeuroImage*, 13(5), 775-785.
- Grossenbacher, P. G. (1997). Perception and sensory information in synesthetic experience. In S. Baron-Cohen & J. Harrison (Eds.), *Synesthesia: Classic and contemporary readings*: Blackwell.
- Grossenbacher, P. G., & Lovelace, C. T. (2001). Mechanisms of synesthesia: cognitive and physiological constraints. [doi: 10.1016/S1364-6613(00)01571-0]. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(1), 36-41.
- Grossman, E., Donnelly, M., Price, R., Pickens, D., Morgan, V., Neighbor, G., et al. (2000). Brain Areas Involved in Perception of Biological Motion. [doi: 10.1162/089892900562417]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(5), 711-720.
- Hancock, P. A., & Meshkati, N. (1988). *Human mental workload*. Oxford, England: North-Holland.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (Eds.). (1988). *Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research*. Amsterdam: North Holland Press.
- Hermisdörfer, J., Goldenberg, G., Wachsmuth, C., Conrad, B., Ceballos-Baumann, A. O., Bartenstein, P., et al. (2001). Cortical Correlates of Gesture Processing: Clues to the Cerebral Mechanisms Underlying Apraxia during the Imitation of Meaningless Gestures. [doi: 10.1006/nimg.2001.0796]. *NeuroImage*, 14(1), 149-161.
- Heyes, C. (2010). Where do mirror neurons come from? [doi: 10.1016/j.neubiorev.2009.11.007]. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(4), 575-583.
- Hildebrandt, C., & Raschner, C. (2009). An intra-examiner reliability study of knee temperature patterns with medical infrared thermal imaging. *Thermology international*, 19, 73-77.
- Hobbins, W. (1982). Thermography and pain. In M. Guthrie & E. Labert (Eds.), *Biomedical thermology* (pp. 36-375). New York: R. Liss Inc.
- Hochel, M., & Milán, E. G. (2008). Synaesthesia: The existing state of affairs. [doi: 10.1080/02643290701822815]. *Cognitive Neuropsychology*, 25(1), 93-117.
- Hochel, M., Milan, E. G., Gonzalez, A., Tornay, F., McKenney, K., Diaz Caviedes, R., et al. (2007). Experimental Study of Phantom Colours in a Colour Blind Synaesthete. *Journal of Consciousness Studies*, 14(4), 75-95.
- Houdas, Y., & Ring, E. F. J. (1982). *Human body temperature - Its measurement and regulation*.
- Hubbard, E. M., & Ramachandran, V. S. (2005). Neurocognitive mechanisms of synesthesia. *Neuron*, 48(3), 509-520.
- Iacoboni, M., Lieberman, M. D., Knowlton, B. J., Molnar-Szakacs, I., Moritz, M., Throop, C. J., et al. (2004). Watching social interactions produces dorsomedial prefrontal and medial parietal BOLD fMRI signal increases compared to a resting baseline. [doi: 10.1016/j.neuroimage.2003.11.013]. *NeuroImage*, 21(3), 1167-1173.
- Iborra, O., Salazar- López, E., & Gómez-Milán, E. (enviado). Tres casos de sinestesia a través de la termografía: la experiencia subjetiva del tacto a estudio. *Consciousness and Cognition*.
- Iborra, O., Salazar, E., Gonzalez-Hernández, A., Delgado Pastor, L., Rodriguez-Artacho, M. A., Hochel, M., et al. (2012). On the need to review carefully: Commentary on Cardeña and Marcusson-Clavertz: On the need to compare anomalous experience carefully. [doi: 10.1016/j.concog.2012.08.002]. *Consciousness and Cognition*(0).

- Inbar, O., Morris, N., Epstein, Y., & Gass, G. (2004). Comparison of thermoregulatory responses to exercise in dry heat among prepubertal boys, young adults and older males. *Experimental Physiology*, *89*(6), 691-700.
- James, W. (1890). *The principles of Psychology*. New York: Holt.
- Janssen, E., Carpenter, D., & Graham, C. A. (2003). Selecting Films for Sex Research: Gender Differences in Erotic Film Preference. *Archives of sexual behavior*, *32*(3), 243-251.
- Jeannerod, M. (1994). The representing barin: neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioural Brain Sciences*, *17*, 187-245.
- Jeannerod, M. (2003). The mechanism of self-recognition in humans. [doi: 10.1016/S0166-4328(02)00384-4]. *Behavioural Brain Research*, *142*(1-2), 1-15.
- Jones, B. F. (1998). A reappraisal of the use of infrared thermal image analysis in medicine. *Medical Imaging, IEEE Transactions on*, *17*(6), 1019-1027.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*: Prentice-Hall Inc.
- Kennedy, H., Batardiere, A., Dehay, C., & Barone, P. (1997). Synaesthesia: implications for developmental neurobiology. In S. Baron-Cohen & J. Harrison (Eds.), *Synaesthesia: Classic and Contemporary readings* (pp. 243-256). Malden: Blackwell Publishers.
- Kenney, W. L., & Munce, T. A. (2003). Invited Review: Aging and human temperature regulation. *Journal of Applied Physiology*, *95*(6), 2598-2603.
- Keysers, C., Wicker, B., Gazzola, V., Anton, J.-L., Fogassi, L., & Gallese, V. (2004). A Touching Sight: SII/PV Activation during the Observation and Experience of Touch. [doi: 10.1016/S0896-6273(04)00156-4]. *Neuron*, *42*(2), 335-346.
- Khan, M. M., Ward, R. D., & Ingleby, M. (2006, Dec. 2006). *Infrared Thermal Sensing of Positive and Negative Affective States*. Paper presented at the Robotics, Automation and Mechatronics, 2006 IEEE Conference on.
- Kohler, E., Keysers, C., Umiltà, M. A., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2002). Hearing Sounds, Understanding Actions: Action Representation in Mirror Neurons. *Science*, *297*(5582), 846-848.
- Krustrup, P., González-Alonso, J., Quistorff, B., & Bangsbo, J. (2001). Muscle heat production and anaerobic energy turnover during repeated intense dynamic exercise in humans. *The Journal of Physiology*, *536*(3), 947-956.
- Kukkonen, T. M., Binik, Y., Amsel, R., & Carrier, S. (2007). Thermography as a Physiological Measure of sexual arousal in both Men and Women. *Journal of Sexual Medicine*, *4*, 93-105.
- Kukkonen, T. M., Binik, Y., Amsel, R., & Carrier, S. (2010). An evaluation of the validity of thermography as a physiological measure of sexual arousal in a non-university adult sample. *Archives of sexual behavior* *39*, 861-873.
- Kukkonen, T. M., Paterson, L., Binik, Y. M., Amsel, R., Bouvier, F., & Khalifé, S. (2006). Convergent and Discriminant Validity of Clitoral Color Doppler Ultrasonography as a Measure of Female Sexual Arousal. [doi: 10.1080/00926230600666220]. *Journal of Sex & Marital Therapy*, *32*(4), 281-287.
- Laan, E., & Booth, S. (2008). What makes women experience desire? *Feminism and Psychology*, *18*, 505-514.
- Laan, E., & Everaerd, W. (1995). Determinants of female sexual arousal: Psychophysiology theory and data. *Annual Review of Sex Research*, *6*, 32-76.
- Laan, E., Everaerd, W., van Bellen, G., & Hanewald, G. (1994). Women's sexual and emotional responses to male- and female-produced erotica. *Archives of sexual behavior*, *23*(2), 153-169.
- Lawson, R. (1956). Implications of surface temperatures in the diagnosis of breast cancer. *Canadian Medical Association Journal*, *75*, 309-319.

- Leal Brioschi, M. (2006). Anatomia e fisiología Termográfica: Sociedade Brasileira de Termología Panamerican Thermology Society.
- Leal Brioschi, M., & Abramavicus, S. (2005). Valor da Imagem Infravermelha na Avaliação da Dor. . Sociedade Brasileira de Termologia.
- Legrenzi, P., Umiltá, C., & Anderson, F. (2011). *Neuromania: On the limits of Brain Science*. Oxford University Press.: Oxford University Press.
- Levine, S. B. (2002). Reexploring the concept of sexual desire. *Journal of Sex and Marital Therapy*, 28, 39-51.
- Levitan, S., & LaBerge, S. (1991). Out of body experience *Nightlight* (Vol. 3 (2-3)): The lucidity Institute.
- Lieberman, M. D., & Cunningham, W. A. (2009). Type I and type II error concerns in fMRI research: re-balancing the scale. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 4, 423-428.
- Lieberman, M. D., & Pfeifer, J. H. (2005). The self and the social perception: three kinds of questions in social cognitive neuroscience. In A. Easton & N. Emery (Eds.), *Cognitive Neuroscience of Emotional and Social Behavior* (pp. 195-235). Philadelphia: Psychology Press.
- Loevenbruck, H., Dohen, M., & Vilain, C. E. (2009). *Pointing is "special"*: Pascal Perrier editors.
- López Pérez, B., Fernández Pinto, I., & Abad, F. J. (2008). *TECA. Test de empatía cognitiva y afectiva*. Madrid.
- Martino, G., & Marks, L. E. (2001). Synesthesia: Strong and Weak. *Current Directions in Psychological Science*, 10(2), 61-65.
- Masters, W. H., & Johnson, V. E. (1966). *Human sexual response*: Oxford, England: Little, Brown.
- Mattingley, J., Rich, A., Yelland, G., & Bradshaw, J. (2001). Unconscious priming eliminates automatic binding of colour and alphanumeric form in synaesthesia. *Nature*, 410(6828), 580-582.
- Maurer, D. (1997). Neonatal synaesthesia: Implications for the processing of speech and faces. In S. B.-C. J. E. Harrison (Ed.), *Synaesthesia: Classic and contemporary readings* (pp. 224-242). Malden: Blackwell Publishing.
- Meeker, W. C., & Gahlinger, P. M. (1986). Neuromusculoskeletal thermography: a valuable diagnostic tool? *Journal of Manipulative Pshysiological Thermography*, 9-4, 257-266.
- Meston, C. M., & Gorzalka, B. B. (1995). The effects of sympathetic activation on physiological and subjective sexual arousal in women. [doi: 10.1016/0005-7967(95)00006-J]. *Behaviour Research and Therapy*, 33(6), 651-664.
- Mesulam, M. M., & Mufson, E. J. (1982). Insula of the old world monkey. III: Efferent cortical output and comments on function. *The Journal of Comparative Neurology*, 212(1), 38-52.
- Milán, E. G., Iborra, O., Hochel, M., Rodríguez Artacho, M. A., Delgado-Pastor, L. C., Salazar, E., et al. (2012). Auras in mysticism and synaesthesia: A comparison. [doi: 10.1016/j.concog.2011.11.010]. *Consciousness and Cognition*, 21(1), 258-268.
- Milán, E. G., Salazar, E., & Tornay, F. (2006). El costo por cambiar la disposición mental. *Lecturas de Psicología Experimental* (pp. 105-115). Madrid: UNED Ediciones.
- Muchnik, S., Finkielman, S., Seemeniuk, G., & de Aguirre, M. I. (2003). Bostezo. *Medicina (Buenos Aires)*, 63, 229-232.
- Mufson, E. J., & Mesulam, M. M. (1982). Insula of the old world monkey. II: Afferent cortical input and comments on the claustrum. *The Journal of Comparative Neurology*, 212(1), 23-37.
- Muggleton, N., Tsakanikos, E., Walsh, V., & Ward, J. (2007). Disruption of synaesthesia following TMS of the right posterior parietal cortex. [doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.11.021]. *Neuropsychologia*, 45(7), 1582-1585.

- Myles, K. M., Dixon, M. J., Smilek, D., & Merikle, P. M. (2003). Seeing double: The role of meaning in alphanumeric-colour synaesthesia. [doi: 10.1016/S0278-2626(03)00139-8]. *Brain and Cognition*, 53(2), 342-345.
- Nikolic, D. (2009). *Is synaesthesia actually ideasthesia? An inquiry into the nature of the phenomenon*. Paper presented at the Tercer Congreso Internacional de Sinestesia, Ciencia y Arte.
- Northoff, G., Heinzl, 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. [doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.12.002]. *NeuroImage*, 31(1), 440-457.
- O'Doherty, J. P., Deichmann, R., Critchley, H. D., & Dolan, R. J. (2002). Neural Responses during Anticipation of a Primary Taste Reward. [doi: 10.1016/S0896-6273(02)00603-7]. *Neuron*, 33(5), 815-826.
- Ogawa, S., Menon, R. S., Tank, D. W., Kim, S. G., Merkle, H., Ellermann, J. M., et al. (1993). Functional brain mapping by blood oxygenation level-dependent contrast magnetic resonance imaging. A comparison of signal characteristics with a biophysical model. [doi: 10.1016/S0006-3495(93)81441-3]. *Biophysical Journal*, 64(3), 803-812.
- Olausson, H., Charron, J., Marchand, S., Villemure, C., Strigo, I. A., & Bushnell, M. C. (2005). Feelings of warmth correlate with neural activity in right anterior insular cortex. [doi: 10.1016/j.neulet.2005.06.065]. *Neuroscience Letters*, 389(1), 1-5.
- Or, & Duffy, V. G. (2007). Development of a facial skin temperature-based methodology for non-intrusive mental workload measurement. *Occupational Ergonomics*, 7(2), 83-94.
- Ornstein, R., & Thompson, R. (1991). *The amazing brain*. Boston: Houghton Mifflin
- Pavlidis, I., Eberhardt, N. L., & Levine, J. A. (2002). Human behaviour: Seeing through the face of deception. [10.1038/415035a]. *Nature*, 415(6867), 35-35.
- Penfield, W., & Jasper, H. (1954). *Epilepsy and the functional anatomy of the human brain*. London: J. and A. Churchill.
- Pichot, C. (2001). Aplicación de la termografía en el dolor lumbar crónico. *Revista de la Sociedad Española de Dolor*, 8 Suplemento II, 43-50.
- Pineda, J. A. (2008). Sensoriomotor cortex as a critical component of an "extended" mirror neuron system: does it solve the development, correspondence, and control problems in mirroring? *Behavioral and Brain Functions*, 4: 47.
- Plassmann, P., & Ring, E. F. J. (1997). An open system for the acquisition and evaluation of medical thermological images. *European Journal of Thermology*, 7(4), 216-220.
- Provine, R. R. (1986). Yawning as a Stereotyped Action Pattern and Releasing Stimulus. *Ethology*, 72(2), 109-122.
- Puce, A., Allison, T., Bentin, S., Gore, J. C., & McCarthy, G. (1998). Temporal Cortex Activation in Humans Viewing Eye and Mouth Movements. *The Journal of Neuroscience*, 18(6), 2188-2199.
- RAE. (Ed.) (1780) (22 ed.). Madrid.
- Ramachandran, V. S. (2012). *Lo que el cerebro nos dice*. Barcelona: Paidós.
- Ramachandran, V. S., & Blakeslee, S. (1998). *Phantoms in the Brain: Probing the mysteries of the human mind*: William Morrow & Company.
- Ramachandran, V. S., & Hubbard, E. M. (2001). Synaesthesia -- A window into perception, thought and language. *Journal of Consciousness Studies*, 8(12), 3-34.
- Reed, C. L., Klatzky, R. L., & Halgren, E. (2005). What vs. where in touch: an fMRI study. [doi: 10.1016/j.neuroimage.2004.11.044]. *NeuroImage*, 25(3), 718-726.
- Rellini, A. H., McCall, K. M., Randall, P. K., & Meston, C. M. (2005). The relationship between women's subjective and physiological sexual arousal. *Psychophysiology*, 42, 116-124.

- Rich, A. N., Bradshaw, J. L., & Mattingley, J. B. (2005). A systematic, large-scale study of synaesthesia: implications for the role of early experience in lexical-colour associations. *Cognition*, *98*(1), 53-84.
- Rich, A. N., Williams, M. A., Puce, A., Syngeniotis, A., Howard, M. A., McGlone, F., et al. (2006). Neural correlates of imagined and synaesthetic colours.
- Ring, E. F. J. (1978). Thermographic terminology.:
- Ring, E. F. J. (2007). The historical development of temperature measurement in medicine. *Infrared physics & Technology*, *49*, 297-301.
- Ring, E. F. J., & Ammer, K. (2000). The technique of Infra red Imaging in Medicine. *Thermology international*, *10*(1), 7-14.
- Ring, E. F. J., & Ammer, K. (2012). Infrared thermal imaging in medicine. *Psychological measurement*, *33*, R33-R46.
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, *27*(1), 169-192.
- Rizzolatti, G., Fogassi, L., & Gallese, V. (2001). Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. [10.1038/35090060]. *Nat Rev Neurosci*, *2*(9), 661-670.
- Rizzolatti, G., & Sinigaglia, C. (2008). Further reflections on how we interpret the actions of others. [10.1038/455589b]. *Nature*, *455*(7213), 589-589.
- Romano, C. L., Romano, D., DellOro, F., Loguluso, N., & Drago, L. (2011). Healing of surgical site after total hip and knee replacements show similar thermographic patterns. *Journal of orthopaedics and traumatology*, *12*, 81-87.
- Rubinsky, B., Cravalho, E. G., & Mikic, B. (1980). Thermal stresses in frozen organs. [doi: 10.1016/0011-2240(80)90009-7]. *Cryobiology*, *17*(1), 66-73.
- Rubinsky, H. J., Eckerman, D. A., Rubinsky, E. W., & Hoover, C. R. (1987). Early-phase physiological response patterns to psychosexual stimuli: Comparison of male and female patterns. *Archives of sexual behavior*, *16*(1), 45-56.
- Rubio, J. L., Ruiz-Veguilla, M., Hernández, L., Barrigón, M. L., Salcedo, M. D., Moreno, J. M., et al. (2011). Jumping to conclusions in psychosis: A faulty appraisal. [doi: 10.1016/j.schres.2011.08.008]. *Schizophrenia Research*, *133*(1-3), 199-204.
- Ruby, P., & Decety, J. (2004). How Would You Feel versus How Do You Think She Would Feel? A Neuroimaging Study of Perspective-Taking with Social Emotions. [doi: 10.1162/0898929041502661]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *16*(6), 988-999.
- Sacks, O. (1995). Un antropólogo en marte: Anagrama.
- Sagiv, N., & Ward, J. (2006). Crossmodal interactions: lessons from synesthesia. In S. L. M. L. M. M. J. M. A. S. Martinez-Conde & P. U. Tse (Eds.), *Progress in Brain Research* (Vol. Volume 155, Part B, pp. 259-271): Elsevier.
- Sakai, K., Ramnani, N., & Passingham, R. E. (2002). Learning of sequences of finger movements and timing: frontal lobe and action-oriented representation. *J. Neurophysiology*, *88*, 2035-2046.
- Salazar- López, E., Verdejo, J., Rubio, J. L., Iborra, O., González, A., & Gómez-Milán, E. (enviado). Imagen cerebral del baile Flamenco. *Consciousness and Cognition*.
- Salazar-López, E. (2012). *La termografía aplicada a la psicología básica*. Granada, Granada.
- Salonia, A., Giraldi, A., Chivers, M. L., Georgiadis, J. R., Levin, R., Maravilla, K. R., et al. (2010). Physiology of Women's Sexual Function: Basic Knowledge and New Findings. *The Journal of Sexual Medicine*, *7*(8), 2637-2660.
- Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2002). *E-Prime User's Guide*. Pittsburg.
- Seeley, T., Abramson, P. R., Perry, L. B., Rothblatt, A. B., & Seeley, D. M. (1980). Thermographic Measurement of sexual arousal: a metodological note. *Archives of sexual behavior*, *9*-2.

- Shamay-Tsoory, S. G., Aharon-Peretz, J., & Perry, D. (2009). Two systems for empathy: a double dissociation between emotional and cognitive empathy in inferior frontal gyrus versus ventromedial prefrontal lesions. *Brain*, *132*(3), 617-627.
- Sheliga, B., Riggio, L., & Rizzolatti, G. (1994). Orienting of attention and eye movements. *Experimental Brain Research*, *98*(3), 507-522.
- Sherman, R. A., Karstetter, K. W., Damiano, M., Evans, C. B., & Aurora. (1994). Stability of Temperature Asymmetries in Reflex Sympathetic Dystrophy Over Time and Changes in Pain. *The Clinical Journal of Pain*, *10*(1), 71-77.
- Simner, J. (2012). Defining synaesthesia. *British Journal of Psychology*, *103*(1), 1-15.
- Singer, T. (2006). The neuronal basis and ontogeny of empathy and mind reading: Review of literature and implications for future research. [doi: 10.1016/j.neubiorev.2006.06.011]. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *30*(6), 855-863.
- Singer, T., Seymour, B., O'Doherty, J., Kaube, H., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2004). Empathy for Pain Involves the Affective but not Sensory Components of Pain. *Science*, *303*(5661), 1157-1162.
- Smith, W. M. (1964). APPLICATIONS OF THERMOGRAPHY IN VETERINARY MEDICINE. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *121*(1), 248-254.
- Stoll, A. M. (1964). Techniques and uses of skin temperature measurements. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *121* (1)(Thermography and its clinical implications), 49-56.
- Tai, Y. F., Scherfler, C., Brooks, D. J., Sawamoto, N., & Castiello, U. (2004). The Human Premotor Cortex Is 'Mirror' Only for Biological Actions. [doi:10.1016/j.cub.2004.01.005]. *Current Biology*, *14*(2), 117-120.
- Thomas, D., Cullum, D., Siahamis, G., & Langlois, S. (1990). Infrared thermographic imaging, Magnetic resonance imaging, CT Scan and Myelography in low back pain. *Rheumatology*, *29*(4), 268-273.
- Tsakiris, M., & Haggard, P. (2005). The Rubber Hand Illusion Revisited: Visuotactile Integration and Self-Attribution. [doi:10.1037/0096-1523.31.1.80]. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *31*(1), 80-91.
- Tsiamirziz, P., Dowdall, J., Shastri, D., Pavlidis, I., Frank, M., & Ekman, P. (2007). Imaging Facial Physiology for the Detection of Deceit. *International Journal of Computer Vision*, *71*(2), 197-214.
- Turner, T. A. (2001). Diagnostic thermography. *The Veterinary clinics of North America. Equine practice*, *17*(1), 95-113.
- Uddin, L. Q., Kaplan, J. T., Molnar-Szakacs, I., Zaidel, E., & Iacoboni, M. (2005). Self-face recognition activates a frontoparietal "mirror" network in the right hemisphere: an event-related fMRI study. [doi: 10.1016/j.neuroimage.2004.12.018]. *NeuroImage*, *25*(3), 926-935.
- Uematsu, S. (1986). Symmetry of skin temperature comparing one side of the body to the other. *Thermology*, *1*, 4-7.
- Vainer, B. G. (2005). FPA-based infrared thermography as applied to the study of cutaneous perspiration and stimulated vascular response in humans. *Physics in Medicine and Biology*, *50*(23), R63.
- van der Meer, L., Costafreda, S., Aleman, A., & David, A. S. (2010). Self-reflection and the brain: A theoretical review and meta-analysis of neuroimaging studies with implications for schizophrenia. [doi: 10.1016/j.neubiorev.2009.12.004]. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *34*(6), 935-946.
- Van, J. (1986, june, 9th). Thermography-generating heat, but value? *Chicago Tribune*, p. 1.
- Veltman, J. A., & Vos, W. K. (2005). *Facial temperature as a measure of operator state*. Paper presented at the 11th International Conference on Human-Computer Interaction.

- Walsh, R. (2005). Can Synaesthesia Be Cultivated?: Indications from Surveys of Meditators. *Journal of Consciousness Studies*, 12(4-5), 5-17.
- Wall, P. D., & Devor, M. (1983). Sensory afferent impulses originate from dorsal root ganglia as well as from the periphery in normal and nerve injured rats. *Pain*, 17(4), 321-339.
- Ward, J. (2004). Emotionally mediated synaesthesia. [doi: 10.1080/02643290342000393]. *Cognitive Neuropsychology*, 21(7), 761-772.
- Webster, J. (2004). *Duende, a journey into the heart of flamenco*. New York: Broadway books.
- Wexler, C. E. (1983). *Atlas of lumbar thermographic patterns*. Tarzana, C.: Thermographic services.
- Whitfield-Gabrieli, S., Moran, J. M., Nieto-Castañón, A., Triantafyllou, C., Saxe, R., & Gabrieli, J. D. E. (2011). Associations and dissociations between default and self-reference networks in the human brain. [doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.11.048]. *NeuroImage*, 55(1), 225-232.
- Wicker, B., Keysers, C., Plailly, J., Royet, J.-P., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2003). Both of Us Disgusted in My Insula: The Common Neural Basis of Seeing and Feeling Disgust. [doi: 10.1016/S0896-6273(03)00679-2]. *Neuron*, 40(3), 655-664.
- Wicker, B., Michel, F., Henaff, M.-A., & Decety, J. (1998). Brain Regions Involved in the Perception of Gaze: A PET Study. [doi: 10.1006/nimg.1998.0357]. *NeuroImage*, 8(2), 221-227.
- Wunderlich, C. A. (1871). *On the temperature in diseases, a manual of Medical Thermometry*. London.
- Zajonc, R. B. (1980). Feeling and thinking: Preferences need no inferences. [doi:10.1037/0003-066X.35.2.151]. *American Psychologist*, 35(2), 151-175.
- Zakzanis, K. K. (2001). Statistics to tell the truth, the whole truth, and nothing but the truth: Formulae, illustrative numerical examples, and heuristic interpretation of effect size analyses for neuropsychological researchers. [doi: 10.1016/S0887-6177(00)00076-7]. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 16(7), 653-667.
- Zamora, A. (1995). *Danzas del mundo*. Madrid: Editorial CSS.
- Zeki, S. (1980). The representation of colours in the cerebral cortex. [doi:10.1038/284412a0]. *Nature*, 284(5755), 412-418.
- Zeki, S. (1999). Art and the brain. *Journal of Consciousness Studies*, 6(6-7), 76-96.
- Zontak, A., Sideman, S., Verbitsky, O., & Beyar, R. (1998). Dynamic Thermography: Analysis of Hand Temperature During Exercise. *Annals of Biomedical Engineering*, 26(6), 988-993.

APÉNDICE I

Algunos conceptos clave

La técnica de la termografía posee un vocabulario propio, términos técnicos que ayudan a precisar en publicaciones científicas. Autores como Ring (1978) han precisado algunos de ellos. Aquí ofrecemos una recopilación de los conceptos básicos que creemos más importantes:

Termología: termino general de estudio de la naturaleza y efectos de la energía térmica.

Termometría: medida de un parámetro del estado térmico del cuerpo, que es la temperatura.

Termografía: registro de la temperatura o de la distribución de la temperatura de un cuerpo (obtenido por conducción, convección o radiación).

Termoscopía: representación visual de la temperatura o de la distribución térmica de un cuerpo

Termografía infrarroja: grabación de la distribución de temperatura de un cuerpo usando la radiación infrarroja que emite su superficie de longitudes de onda de entre 0,8 μm y 1.0 mm.

Termografía de microondas: grabación de la distribución de la temperatura de un cuerpo usando las microondas entre 1mm y 1 m.

Temperatura ambiente: temperatura alrededor de un cuerpo.

Equilibrio térmico: condición en la que la tasa de intercambio de calor entre un objeto y su red de objetos o sustancias alrededor es nula.

Humedad: grados de agua en la atmósfera (...).

Emisividad: habilidad de una superficie para emitir/despedir radiación en relación a su temperatura. Una baja emisividad significa que la temperatura debe ser caliente. A mayor emisividad, mas similar es la temperatura registrada a la real.

Calor: es la energía total del movimiento molecular en una sustancia, depende de la velocidad de las partículas, su número, su tamaño y su tipo.

Temperatura: es una medida de la energía molecular media de una sustancia. Depende del intercambio de estos parámetros con el aire del entorno del cuerpo que medimos.

Métodos de transferencia de calor: sucede por métodos físicos diferenciados, los extraemos de los estudios de Leal (2006):

1) la conducción que se produce de un sólido o líquido a otro sólido o líquido por contacto, y que en nuestro organismo, al estar en pocas ocasiones en contacto con otros sólidos, es responsable del 5% de la pérdida metabólica y para medirlo se requiere de un sensor (Ring, 2007); 2) La convección, que consiste en la transferencia térmica en un fluido, a modo de corriente, que en nuestro organismo sucede a través de los vasos sanguíneos y que representa el 15% de la pérdida de calor metabólico; es uno de los mecanismos de transferencia de calor más importante de nuestro organismo (Houdas & Ring, 1982) y también del sistema diagnóstico basado en la termografía. 3) Evaporación, o conversión del agua en vapor por medio de la energía térmica, que sucede en toda nuestra superficie corporal gracias a la piel, y al mecanismo de exhalación de los pulmones; en condiciones de reposo o equilibrio, no deja una huella térmica importante, pero sí cuando el cuerpo tiene una pérdida de calor cuantiosa. 4) Radiación, que es el mecanismo más importante en nuestro organismo, responsable de la pérdida del 60% del calor; la energía térmica convertida en energía electromagnética radiante emite un espectro infrarrojo, básico en la técnica que abordamos en este trabajo; la temperatura sanguínea está presente en la red vascular donde la energía térmica se convierte en radiación y se emite al ambiente.

Tanto la convección como la radiación, son mecanismos susceptibles de medirse de forma remota (Ring, 2007). Las primeras mediciones sobre la temperatura del cuerpo humano con metodología moderna en el campo de la medicina se llevaron a cabo en los 60's, con sensores de cristal líquido (Ring, 2007) aunque esta metodología presentaba el inconveniente de las imágenes se estropeaban aproximadamente a los dos años de generarse, lo que la hacía perecedera. Las técnicas de radiación térmica, basadas en los cambios de densidad del aire alrededor del sujeto a los que afecta el índice de refracción de su calor son en la actualidad la base de la experimentación sobre la temperatura, y la técnica más empleada desde los 1990s. Una de las propiedades más destacadas del calor es que es capaz de penetrar todos los cuerpos con mayor o menor velocidad, dependiendo de la capacidad del cuerpo y la resistencia al calor. De hecho la onda de la temperatura necesita de algún tiempo para

penetrar en la profundidad de material por lo que este sistema se emplea en multitud de aplicaciones, más o menos relacionadas con la medicina. Las cámaras de rayo infrarrojo focal unido al uso de detectores basados en el uso de nitrógeno, argón o enfriadores mejoraron la resolución espacial que se necesitaba para resolver los patrones termales causados por las irregularidades de la piel. En los últimos 20 años se han desarrollado los cambios más notables en el estudio de la termografía, centrándose especialmente en la estandarización de la técnica y los protocolos clínicos para su uso en el ámbito de la medicina (Ring & Ammer, 2012).

APÉNDICE II

Anexo al capítulo Autoconciencia y ¡olé!: Yo soy yo y mis acciones

- A) Comparación entre la observación de danza (Ballet y Flamenco) en primera persona respecto a la observación de ejercicio físico en primera persona.
- B) Comparación entre la observación de Flamenco en primera persona con deporte en primera persona.
- C) Comparación entre la observación de flamenco y la danza en primera persona.

A) Danza>Deporte (1ª)

Region	BA	Side	X	Y	Z	Volume (mm3)	T
Middle Temporal & Occipital Gyrus	19, 37, 39	R	42	-56	8	11.288	10,37
			-46	-78	-2	5.480	7,44
Postcentral-SupraMarginal Gyrus	2, 40	R/L	-18	-70	54	17.080	10,83
Parietal Lobule	5, 40	R/L	16	-50	58	26.096	10,59
Precuneus	7, 40	R/L	-14	-56	60	7.320	10,5
Inferior Parietal & Superior Temporal Gyrus	22, 40	L	-56	-40	22	1.072	6,84
Inferior Frontal Gyrus	44, 45	R	50	14	12	4.688	9,09
Inferior Frontal Triangle	46	L	-50	30	22	280	6,59
Middle & Superior Frontal Gyrus	6, 24	R/L	-24	-4	50	13.248	10,8
Supplementary Motor Area	6	R/L	26	0	56	21.768	10,49
Precentral & Inferior Frontal Gyrus	6, 9, 44	L	-50	2	30	6.048	11,68
Cerebellum		L	-30	-76	-28	8.808	10,05
		R	36	-60	-34	608	5,24
Putamen & Pallidus & Thalamus		L	-22	-4	12	10.048	8,16
Putamen & Pallidus		R	12	-2	6	8.424	7,3

Deporte > Danza (1ª)

Region	BA	Side	X	Y	Z	Volume (mm3)	T
Middle Temporal Gyrus	21	R	38	6	-40	312	6,04
			62	-16	-8	280	5,50
Supramarginal Gyrus	40	R	60	-58	36	232	4,54
Ínsula	13	L	-36	-24	16	472	4,17

B) Flamenco > Deporte (1ª)

Region	Side	BA	X	Y	Z	Volume (mm3)	T
Middle Occipital Gyrus	R	18	26	10	0	520	4,137
				2			
Middle Occipital & Temporal Gyrus	L	19, 39	-46	-	-2	4.336	6,8212
				78			
	R	19, 39	40	-	30	976	6,3822
				76			
Inferior Parietal Lobule & Superior Temporal Gyrus	L	40	-54	-	22	1.664	13,4192
				40			
Parietal Lobe	R	2,3,5, 7,39,40	46	-	0	13.752	9,0363
				50			
Parietal Lobe & Precuneus	L	7, 40	-16	-	62	9.448	7,6547
				56			
Middle & Superior Frontal Gyrus Precentral & Suppl. Motor Area	R	6	26	0	56	14.848	12,5163
Middle & Superior Frontal Gyrus Precentral & Suppl. Motor Area	L	6	-20	-8	64	10.440	11,6293
	L	9, 44	-54	4	30	8.832	9,4863
Inferior Frontal Gyrus	R	9, 44	48	22	20	7.096	9,3414
	R		48	36	8	472	6,0595
Middle & Superior Temporal Gyrus	R	22, 37	62	-	14	12.200	8,9937
				36			
Middle Frontal Gyrus	L	46	-50	30	22	672	8,2253
Cerebelo	L		-30	-	-28	7.432	6,6602
				76			
Putamen & Ínsula & Pallidum & Thalamus	L		-20	-4	12	6.888	13,7071
	R		14	-2	8	6.744	11,7115

C) Flamenco >Ballet en 1ª persona

Region	Side	BA	X	Y	Z	Volume (mm3)	T
Precentral & Middle Frontal Gyrus	R	6	58	-4	44	3.688	10,93
	L	6	-62	2	14	3.456	9,24
Supplementary Motor Area	R	6	8	4	60	832	5,64
	L	6	-8	0	62	512	4,77
Precentral Gyrus	L	4, 6	-52	-10	42	2.648	6,63
Middle Temporal Gyrus	R	21	62	-30	-4	2.800	10,89
	L	39	-56	-68	22	728	5,39
Superior Temporal Gyrus	R	22	68	-44	12	376	4,41
Superior & Medial Frontal Gyrus	R/L	9, 10	8	62	22	4.696	6,27
Inferior Frontal Gyrus	R	46	48	24	24	1.496	5,52
Orbitofrontal Cortex	L	47	-42	30	-8	1.240	5,51
	R	47	30	30	-16	1.888	7,44
Middle Occipital Gyrus	L	18	-28	-100	0	1.760	7,15
	R	18, 19	28	-100	2	3.016	6,28
Putamen & Pallidus	R		28	-4	-2	5.768	7,90
	L		-18	0	2	2.448	6,92
Anterior Cingulate	R	32/10	6	52	-4	1.792	5,34
Hippocampus	L		-24	-20	-12	168	5,27

Ballet >Flamenco en 1ª persona

Region	Side	BA	X	Y	Z	Volume (mm3)	T
Occipital Lobe	R/L	17, 18, 19	-12	-82	-10	30.008	8,73
	L		-24	-66	12	312	4,59
Calcarine	R		28	-72	8	256	4,39
	R	40	36	-40	38	576	4,32
Inferior Parietal Lobule	L		-48	-30	38	304	3,94
	L	7	-16	-66	62	4.560	8,31
Superior Parietal Lobule	R	7	14	-64	68	1.840	5,24
Inferior Temporal Gyrus	L		-52	-62	-6	280	6,01
	L		-24	0	54	312	4,67
Middle Frontal Gyrus		6	28	2	68	136	4,63
	R		30	10	60	128	3,77

