



UNIVERSIDAD DE GRANADA
Programa de Doctorado en Psicología (B13.56.1)

**PSICO-TERMOGRAFÍA:
VOZ INTERNA, MENTIRAS Y DILEMAS
MORALES**

Tesis doctoral presentada por:

ALEJANDRO MOLINÉ SEGOVIA

Dirigida por:

DR. EMILIO GÓMEZ MILÁN

GRANADA, 2017



UNIVERSIDAD DE GRANADA
Programa de Doctorado en Psicología (B13.56.1)

**PSICO-TERMOGRAFÍA:
VOZ INTERNA, MENTIRAS Y DILEMAS
MORALES**

Tesis doctoral presentada por:

ALEJANDRO MOLINÉ SEGOVIA

Dirigida por:

DR. EMILIO GÓMEZ MILÁN

GRANADA, 2017

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Alejandro Moliné Segovia
ISBN: 978-84-9163-756-1
URI: <http://hdl.handle.net/10481/49342>

UNIVERSIDAD DE GRANADA

Escuela de Doctorado de Ciencias de la Salud

Programa de Doctorado en Psicología

Centro de Investigación Mente Cerebro y Comportamiento (CIMCYC)

“Psico-termografía: voz interna, mentiras y dilemas morales”.

Tesis Doctoral presentada por Alejandro Moliné Segovia para aspirar al grado de doctor en Psicología en el Programa de Doctorado en Psicología (B13.56.1) de la Universidad de Granada.

Esta tesis ha sido dirigida por el profesor Emilio Gómez Milán, quien avala la calidad de la misma, así como la formación del doctorando para aspirar al grado de doctor.

El director de la tesis

El doctorando

Fdo. D. Emilio Gómez Milán

Fdo. Alejandro Moliné Segovia

GRANADA, 2017

“Uno de los rasgos que distingue al ser humano de los demás animales es la necesidad del conocimiento por el puro conocimiento. Muchos animales son curiosos, pero en ellos la curiosidad es una faceta de la adaptación. El hombre tiene sed de saber. Y para muchos el hombre, por estar dotado de la capacidad de saber, tiene el deber de saber. Por pequeño, por irrelevante que sea para el progreso y el bienestar, todo conocimiento forma parte del todo. Esto es algo de lo que el científico participa. Ese es el reto y el placer de la ciencia.”

Vincent Dethier, 1962

AGRADECIMIENTOS

Quiero aprovechar estas líneas para agradecer y acordarme de toda la gente que me ha acompañado en este largo camino.

En primer lugar, a Emilio Gómez, quien ha supuesto un antes y un después en mi vida, tanto académica como personal. Me has enseñado a ser una mejor persona con tus valores. Te estaré siempre agradecido por haber hecho que esta etapa haya sido una experiencia vital de incalculable valor.

A Juan Manuel de la Fuente, por su enorme bondad, por haberme impulsado y guiado de la mejor manera posible hasta aquí, por enseñarme lo que significa tener un apoyo en cualquier momento. Infinitas gracias por tu incansable e inestimable ayuda.

A Óscar y Jesús, por haber sido unos excelentes compañeros y por los momentos buenos que hemos compartido. Me llevo dos amigos de esta etapa.

A mi compañero de laboratorio, Cristóbal, quien con su sonrisa hizo que los días de laboratorio fuesen días siempre amenos. Nos vemos en México compañero, cuídate.

A Laura, quien me ha acompañado desde principio a fin en esta etapa de mi vida. No puedo alegrarme más de ello. Gracias.

A mis amigos, quienes siempre estuvieron ahí incondicionalmente para echarme una mano. Ellos saben quien son, gracias por todo, os debo una.

A Raquel, por hacer que cada día de mi vida sea más bonito. Juntos, cerramos esta etapa y abrimos otra nueva e ilusionante. Eres admirable, gracias linda.

A mis hermanos, porque han sido, son y serán una pieza clave en mi vida. Gracias por estar siempre ahí, sois geniales.

A Juan, mi tercer hermano, porque tenerte cerca es una de las mayores suertes de nuestra familia. Eres maravilloso, gracias por todo.

En especial, a quienes me trajeron a este mundo. En estas líneas no podré haceros sentir lo agradecido que estaré siempre, por ello espero poder demostrároslo día a día. Sin vosotros, nada de esto sería posible. Gracias por ser como sois, os quiero.

Parte de los resultados de esta tesis doctoral han sido publicados en revistas que aplican el sistema de revisión por pares:

- El artículo “The Pinocchio Effect and the Cold Stress Test: Lies and Thermography” que compone el capítulo 4 de esta tesis doctoral ha sido aceptado en la revista *Psychophysiology*, la cual cuenta con un factor de impacto de 2.668, perteneciendo al cuartil Q2 en la sección Psychology, según el Journal Citation Reports de © Thomson Reuters.
- La investigación descrita en el capítulo 3 y titulada “Termografía, voz interna y mindfulness” se encuentra aceptada por la revista *Artecittá Synesthesia Journal*, la cual aplica un sistema de revisión por pares y no tiene índice de impacto.
- El estudio denominado “Thermography, empathy, and moral dilemmas”, que conforma el capítulo 5 de la tesis, está bajo revisión en la revista “Cognition and Emotion”, la cual posee un factor de impacto de 2.688 y pertenece al cuartil Q2 de la sección Experimental Psychology según el Journal Citation Reports de © Thomson Reuters.

ÍNDICE

PREFACIO	15
I. INTRODUCCIÓN TEÓRICA	17
CAPÍTULO 1. Introducción a la termografía	19
1.1. Definición y aplicaciones de la termografía	21
1.2. Condiciones de aplicación de la termografía	23
1.3. Aplicaciones de la termografía a la psicología y psicofisiología	33
II. MEMORIA DE TRABAJOS	43
CAPÍTULO 2. Serie experimental, objetivos e hipótesis	45
2.1. Objetivos e hipótesis del estudio 1	48
2.2. Objetivos e hipótesis del estudio 2	48
2.3. Objetivos e hipótesis del estudio 3	49
CAPÍTULO 3. Estudio 1: Termografía, voz interna y <i>mindfulness</i>	53
CAPÍTULO 4. Estudio 2: El efecto Pinocho	75
CAPÍTULO 5. Estudio 3: Termografía, empatía y dilemas morales	97
III. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS	119
CAPÍTULO 6. Discusión, conclusiones y perspectivas futuras	121
6.1. Compilación de resultados	123
6.2. Discusión y conclusiones estudio 1	124
6.3. Discusión y conclusiones estudio 2	125
6.4. Discusión y conclusiones estudio 3	126
6.5. Perspectivas futuras	126
REFERENCIAS	129

PREFACIO

La presente tesis doctoral ha tenido como principal objetivo la aplicación de la termografía al estudio de diferentes aspectos psicológicos como la detección de la mentira, la resolución de dilemas morales y la voz interna de nuestro cerebro. Cada uno de estos temas constituirá tanto un capítulo de la tesis como un artículo de investigación, por lo que estamos ante una tesis estructurada por artículos de investigación. En la misma, se pretende dar a conocer los resultados que hemos obtenido durante los últimos años en un área, la psicotermodografía, que se encuentra en estado incipiente de desarrollo. La termografía ha tenido una gran aplicación en el campo de la medicina, la veterinaria o las aplicaciones industriales, sin embargo hasta hace poco su aplicación al campo de la psicología clínica y básica se limitaba al estudio de la respuesta sexual. No obstante, el número de aplicaciones potenciales es ilimitado: hipnosis, fases del sueño, detección de marcadores somáticos, estudio de la función del bostezo, evaluación de la sinestesia tacto espejo o con cambio térmico como concurrente, carga mental, detección de emociones básicas, evaluación de lesiones deportivas y de la eficacia de programas de entrenamiento... Nosotros hemos optado por extender su aplicación a varios ámbitos de estudio de interés básico y aplicado. El estudio de la detección de la mentira, donde la termografía es considerada la última metodología aplicable con mayor índice de aciertos y menor índice de falsas alarmas. Dentro del campo de la termografía emocional, su aplicación al efecto fisiológico de los pensamientos y la voz interna y su relación con la valoración de una experiencia mental como agradable o desagradable. Por último, su aplicación más novedosa al campo de la empatía y la resolución de dilemas morales donde entran en juego la razón y la emoción.

I. INTRODUCCIÓN TEÓRICA

CAPÍTULO 1.

INTRODUCCIÓN A LA TERMOGRAFÍA:

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN A LA TERMOGRAFÍA:

1.1. Definición y aplicaciones tradicionales de la termografía:

La temperatura como variable ha despertado gran interés entre los científicos desde hace mucho tiempo. Hipócrates, médico más destacado de la antigua Grecia, incluía la temperatura como una de las variables que influían en la salud, el científico italiano Galileo Galilei inventó su famoso termoscopio en 1592 y hoy en día los avances tecnológicos que permiten medir la temperatura de manera remota demuestran el interés aún existente. Sir William Herschel fue en 1800 el primer científico que midió el calor más allá del espectro visible y su hijo, John Herschel, produjo el primer termograma en 1840 (Ring, 2000; Ring, 2004; Ring & Ammer, 2012).

Si buscamos en el diccionario de la Real Academia Española el concepto de “termografía” la búsqueda nos devuelve lo siguiente: “Registro gráfico del calor emitido por la superficie de un cuerpo en forma de radiaciones infrarrojas, que tiene aplicaciones médicas, técnicas, etc.”. En otras palabras, la termografía es una técnica que permite medir temperaturas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar, mediante la captación de la radiación infrarroja del espectro electromagnético.

Las radiaciones infrarrojas, o radiaciones IR es un tipo de radiación electromagnética, la cual se caracteriza por una longitud de onda larga, que puede ir desde los 0,7 hasta los 1000 micrómetros. Nuestros ojos son capaces de percibir la radiación electromagnética en el espectro de luz visible, mientras que cualquier otro tipo de radiación electromagnética, como los infrarrojos, es invisible para el ojo humano (ver figura 1). El dispositivo tecnológico que nos permite captar dichos rayos y transformar la energía radiada en información sobre temperatura es la cámara termográfica, la cual ha sido la principal herramienta de investigación utilizada en la presente tesis.

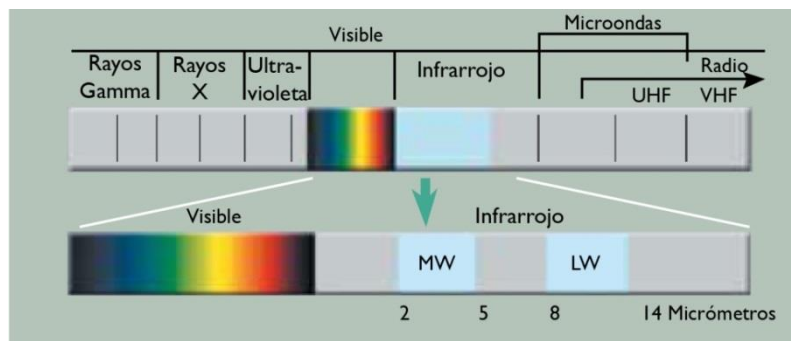


Figura 1. Representación del espectro electromagnético.

Tradicionalmente, la cámara termográfica o térmica se ha venido usando en disciplinas muy distintas, que abarcan desde la ingeniería o la arquitectura hasta la veterinaria o la medicina. Actualmente, el auge y la importancia que está viviendo esta técnica se ve reflejada en el notable incremento de investigaciones que aplican dicha tecnología como parte de su metodología. Este incremento en su uso es debido a que está mostrando una gran utilidad en las diversas áreas de estudio en las que se aplica, por lo que estamos ante una técnica con un gran potencial, que va aumentando sus aplicaciones día tras día y que pronto serán más comunes en nuestras vidas diarias. De hecho, ya podemos encontrar teléfonos móviles que las integran, lo cual es un reflejo más de su utilidad, potencial y aplicabilidad.

La asociación entre temperatura corporal y enfermedad es casi tan vieja como la medicina en sí misma. Durante los últimos cincuenta años, esta tecnología ha permitido estudiar diversas enfermedades en las cuales la temperatura de la piel puede reflejar la presencia de inflamación en tejidos subyacentes, o en aquellas en las que el flujo de la sangre está incrementado o disminuido debido a alguna anomalía. Por lo tanto, la termografía se ha venido aplicando en medicina tanto como herramienta de diagnóstico así como una medida de resultado en ensayos clínicos. Ha sido de utilidad en enfermedades tales como artritis inflamatoria, osteoartritis, síndromes reumáticos de los tejidos blandos, el síndrome de dolor regional complejo y en algunos trastornos circulatorios como la enfermedad de Raynaud, entre otras. (Ring & Ammer, 2012). Estos mismos autores, afirman que es esencial fijar un protocolo estandarizado que se aplique al procesamiento de imágenes térmicas así como a la selección consistente de las regiones de interés.

Un elemento clave de la termografía es la definición de las regiones de interés (ROI por sus siglas en inglés: region of interest). Un ROI se define como el área de un termograma o imagen térmica que es de interés en nuestra investigación. Podremos, así mismo, seleccionar varios ROI en una misma imagen térmica. Si hablamos de aplicaciones industriales, un área o varias de una tubería o un cuadro eléctrico podrían ser buenos ejemplos de ROI comúnmente usados. En aplicación a humanos, cualquier área de la piel que nos interese grabar será nuestra ROI (véase figura 2).



Figura 2. Ejemplo de ROI seleccionados en un termograma. (Salazar et al., 2015)

1.2. Condiciones de aplicación de la termografía:

Recientemente, Fernández-Cuevas et al. (2015) han elaborado una revisión que da una visión general de los factores que pueden influir en la medición con termografía infrarroja en humanos. Dichos autores clasifican estos factores en tres grupos: factores ambientales, individuales y técnicos.

- Ambientales:

- Tamaño de la habitación: no es un factor que por sí mismo influya significativamente, sin embargo debe reunir una serie de características. Como mínimo se requiere una habitación de 3 x 2 m aunque es deseable que sea más amplia.
- Temperatura ambiente: la mayoría de los estudios afirman que la temperatura ideal oscila entre los 18-25°C, puesto que por debajo de esa temperatura el paciente podría tiritar mientras que por encima podría sudar. Otro aspecto importante es el tiempo de aclimatación previo a la sesión, el cual debe durar unos quince minutos, aunque hay estudios que han dado una duración de diez minutos a incluso sesenta minutos para dicho período para aclimatarse a la temperatura de la habitación. Un estudio reciente que ha analizado directamente el tiempo de

aclimatación óptima para la grabación con cámara térmica concluye que el periodo óptimo de aclimatación es variable en hombres y mujeres jóvenes, afirmando aun así que el tiempo mínimo debe ser de diez minutos.

- Humedad: es deseable que se mantenga alrededor del 50% (Salazar, 2012), siendo el rango utilizado en la literatura previa de entre 40%-70%.
- Presión atmosférica: Gómez Carmona (2012) halló que la presión atmosférica es más influyente que la humedad en la temperatura de la piel. A pesar de ello, se requieren nuevas investigaciones que determinen cual es la presión atmosférica ideal bajo la cual hacer mediciones en humanos mediante termografía.
- Fuente de radiación: otro aspecto no menos importante es aislar la habitación de elementos de cualquier tipo que puedan emitir radiación infrarroja. Entre ellos se deben evitar la presencia de ventanas, de tuberías de agua, conductos de calefacción o de flujo de aire, el cual es mejor tener controlado mediante sistemas de control de aire.
 - **Individuales**: se clasifican en intrínsecos y extrínsecos:
 - Intrínsecos:
- Sexo: hay tres factores que podrían afectar a la diferencia de temperatura observada entre géneros: el ciclo menstrual, la grasa subcutánea y la tasa metabólica. Hay diferentes estudios que tratan la relación de cada una de ellas con la temperatura corporal, concluyendo que dichas variables afectan a la temperatura de la piel de forma significativa. Sin embargo, Zaproudina (2012) no halló diferencias significativas, por lo que son necesarios futuros estudios que esclarezcan la relación entre estas variables.
- Edad: parece claro que la edad y la temperatura están relacionadas. Algunos estudios (Ferreira et al., 2008) encuentran que la temperatura es ligeramente más baja en sujetos de edad avanzada. Nuevamente, se necesitan más datos para establecer la relación entre las variables mencionadas (Chudecka, Lubkowska & Kempnińska-Podhorodecka, 2014).
- Peso: el factor más significativo relacionado con el peso podría ser la grasa subcutánea. La propiedad de aislamiento térmico que poseen los tejidos adiposos ha sido considerada como una de las influencias más importantes en los patrones térmicos individuales (Glickman-Weiss,

Hearon, Nelson & Kime, 1996). Se concluye que existe una relación inversa entre temperatura de la piel y grasa corporal pero solo en ciertas áreas corporales (tales como las rodillas en las mujeres o la espalda baja en mujeres y hombres). De nuevo, futuras investigaciones serán de utilidad para arrojar luz a esta cuestión.

- Ritmo circadiano: Binder et al. (1983) y Salisbury et al. (1983) hallaron una mayor temperatura de la piel en medidas diurnas de la misma. Por su parte, Bianchi et al. (1979) analizó cuando se producían los picos de temperatura durante el día, situándose los mismos durante la tarde (concretamente a las 18 pm). Algunos de los estudios más importantes que han tomado en cuenta esta variable son los realizados por Krauchi y Wirz-Justice (1994), quienes encontraron que las áreas proximales (tales como muslos y frente) siguieron el mismo ritmo circadiano que la temperatura rectal, mientras que las áreas distales (manos y pies) siguieron el patrón opuesto. Una vez más, se necesitan nuevos estudios que aborden la evolución de la temperatura diaria de diferentes zonas del cuerpo.
- Emisividad de la piel: a pesar del tiempo que ha pasado desde el primer estudio realizado al respecto en la década de 1930, no hay un consenso claro respecto al valor correcto de la emisividad de la piel. El color de la piel afecta a la emisividad, sin embargo se piensa que las diferencias son muy pequeñas (Steketee, 1973). Los estudios realizados hasta ahora determinan que la emisividad de la piel humana oscila entre 0.97 y 0.99 a una longitud de onda de entre 2 y 14 μm (Sánchez-Marín, Calixto-Carrera & Villaseñor-Mora, 2009). Por lo tanto, la mayoría de los autores han llevado a cabo sus investigaciones usando 0.98 como el valor estándar de emisividad de la piel en humanos.
- Historial médico: la piel humana es la protección natural de nuestro cuerpo que nos protege contra peligros ambientales. Sin embargo, la exposición a lo largo de la vida a factores externos como la radiación solar, o las cicatrices, podría romper y alterar el patrón térmico, que podría influir en una correcta interpretación de una imagen termográfica. Por lo tanto, Fernández-Cuevas et al. (2015), recomiendan llevar a cabo una anamnesis médica antes de realizar la medición termográfica. Conocer las lesiones, enfermedades u operaciones previas del paciente nos proveerá de información esencial para una correcta interpretación de posibles asimetrías presentes en las imágenes térmicas.

- Tasa metabólica: la correlación entre metabolismo y temperatura de la piel permitió que la termografía fuese considerada como una herramienta valiosa y precisa para cuantificar la pérdida de calor y el gasto energético en los seres humanos (Adams, Nelson, Bell & Egoavil, 2000; Symonds et al., 2012). De hecho, una de las aplicaciones más interesantes de la termografía infrarroja en medicina es la detección de una alta actividad metabólica de los carcinomas (por ejemplo, en cáncer de pecho). De igual manera, recientes estudios han mostrado que la termografía es un indicador muy preciso para la diabetes, incluso mejor que las mediciones de azúcar en sangre (Lahiri, Bagavathiappan, Jayakumar & Philip, 2012; Sivanandam, Anburajan, Venkatraman, Menaka & Sharath, 2012). Además, existe una relación entre actividad física e incremento metabólico. La actividad física genera una mayor temperatura corporal, resultando en disipación del calor a través de la piel (Petrofsky et al., 2011). Ello nos lleva a concluir que la medición a través de la termografía puede ser un índice fiable de la actividad metabólica. En otro estudio (Knab et al., 2011) se halló un gasto de energía incrementado incluso 14 h después del ejercicio, y Fernández-Cuevas (2012) encontró a través de la termografía una significativa y mayor temperatura de la piel, en algunas áreas del cuerpo, tras 8 h después de haber realizado ejercicio moderado, incluyendo entrenamiento de resistencia, fuerza y velocidad.

- Flujo sanguíneo de la piel: la relación entre la temperatura de la piel y el flujo sanguíneo de la piel es suficientemente relevante para que podamos considerarla como un factor primario en cuanto a su influencia a la hora de hacer evaluaciones con termografía. El flujo sanguíneo de la piel está relacionado con el sistema nervioso autónomo, el cual controla la vasoconstricción y vasodilatación de los vasos capilares para mantener la homeostasis (Charkoudian, N., 2003). Por lo tanto, otros factores como el sudor o la actividad física podrían estar directamente correlacionados con el flujo sanguíneo de la piel.

- Emociones: por último, las emociones también son un factor que afecta a la temperatura de la piel. Este punto será desarrollado en el segundo apartado de este primer capítulo (véase apartado 1.3.).
 - Extrínsecos:
 - Tratamiento farmacológico o medicamentos: distintos estudios recomiendan que el uso de medicación sea evitado antes de cualquier grabación realizada con la cámara termográfica (Ring & Ammer, 2000). A pesar de tal recomendación, no existe una lista específica de

medicamentos que afecten a la temperatura de la piel. Fernández-Cuevas et al. (2015) elaboran la suya propia que incluye a los siguiente medicamentos: analgésicos, antiinflamatorios, sustancias vasoactivas, medicaciones hormonales (anticonceptivos), profilácticos y anestésicos. Estos mismos autores afirman que se debería prestar especial atención a aquellos que son usados más comúnmente y que podrían afectar a la interpretación de imágenes termográficas: paracetamol, aspirina y anticonceptivos.

- Alcohol: la ingesta de alcohol ha sido asociada con un incremento en la temperatura de la piel debido a la vasodilatación y al consecuente aumento del flujo sanguíneo de la piel (Hughes, Henry & Dale, 1984). Encontramos evidencia de ello en un estudio (Ewing, Davison & Ferguson, 1973) que mostró que el consumo de alcohol resultó en “un incremento general de temperatura y un patrón térmico difuso” en el pecho. Dos estudios recientes (Melnizky & Ammer, 2000; 238) han examinado cómo varía la temperatura en diferentes áreas del cuerpo tras el consumo de alcohol, encontrando que las manos tuvieron un aumento máximo de 1°C; la temperatura de las rodillas aumentó 0.3°C o incluso descendió 0.2°C. Debemos tener en cuenta que hay otra serie de factores que median el efecto que la ingesta de alcohol produce sobre la temperatura de la piel, tales como un estómago vacío (Mannara, Salvatore & Pizzuti, 1993), la cantidad de alcohol (Finch, Copeland, Leahey & Johnston, 1987), la raza (Harada, Agarwal & Goedde, 1981), el hábito de beber alcohol (Mannara et al., 1993), e incluso la temperatura ambiente. Como señalan los citados estudios, el primer efecto del alcohol sobre la temperatura de la piel es la vasodilatación y el consecuente aumento de temperatura. Futuros estudios deberían observar las variaciones de temperatura del cuerpo entero y no solo de ciertas zonas del mismo.
- Tabaco: los efectos del tabaco han sido ampliamente examinados, siendo la acción vasoconstrictora de la nicotina en la piel el principal efecto, la cual conlleva una reducción en la temperatura (Madookk & Coller, 1932). Tanto la tasa cardíaca como la presión sanguínea se ven afectados por la nicotina, pero en direcciones opuestas (Bornmyr & Svensson, 1991). Principalmente, la termografía ha sido usada para medir los efectos de fumar en la temperatura de las manos y de los pies. Distintos estudios (Ewing et al., 1973; Gershon-Cohen & Habennan, 1968) muestran un descenso en la temperatura de las extremidades de entre 0.5°C y 3.0°C, alcanzándose el punto más bajo entre los 15 y 30 minutos después de fumar. El descenso que provoca fumar en la temperatura de la piel parece claro, no obstante, futuras

investigaciones deberían esclarecer cómo cambia la temperatura de las demás áreas del cuerpo, aparte de las descritas anteriormente.

- Estimulantes: la cafeína es una sustancia común en algunas bebidas que tomamos a diario como café, té o refrescos, lo cual hace que debamos tenerla en cuenta a la hora de aplicar la termografía. Hasta ahora, los resultados muestran que la cafeína produce un aumento en la temperatura de la piel tras su ingesta (Koot & Deurenberg, 1995; Tagliabue, Terracina, Cena, Turconi, Lanzola & Montomoli, 1994). Concretamente, hablan de un incremento de 1.7°C en los 30 minutos siguientes a la toma de cafeína. Los estudios citados no fueron realizados con una cámara termográfica, por lo que sería de interés investigar cómo los estimulantes influyen en la temperatura usando dicha herramienta.
- Ingesta de alimentos: parece claro que la ingesta de comida produce un aumento de la temperatura corporal (Reilly & Waterhouse, 2009), pero no está clara su relación con la temperatura de la piel, ya que los resultados no son concluyentes (Ring & Ammer, 2000). Algunos estudios no encuentran cambios, otros afirman que la ingesta de comida no altera los ritmos circadianos y por último, otros sí que han encontrado cambios en dichos ritmos. Como es habitual en ciencia, nuevas investigaciones deben aclarar la relación entre estas variables y apoyar un resultado u otro.
- Cosméticos: hay suficiente evidencia científica que muestra que el uso de cosméticos altera las mediciones realizadas con la cámara termográfica, por lo que las zonas a grabar no deben ser expuestas a productos tales como ungüentos, cremas, maquillajes, desodorantes y aceites (Jones & Plassmann, 2002; Ng, 2009; Ring & Ammer, 2000; Zaproudina, Varmavuo, Airaksinen & Närhi, 2008).
- Terapias: las terapias que son directamente aplicadas sobre la piel, como la acupuntura, ultrasonidos, masajes, etc., afectan a su radiación y temperatura. La literatura previas muestra que la influencia de estas terapias sobre la temperatura de la piel es clara, por lo que deben evitarse antes de someterse a un examen termográfico (Lahiri, et al., 2012; Ng, 2009).
- Actividad física: factores relacionados a la actividad física y el ejercicio tales como sudoración o estado de forma pueden influir en los patrones térmicos, así como la especialización en algún deporte (como tenis, fútbol o balonmano) puede producir asimetrías en dichos patrones.

Debido a ello, Tauchmannova, Gabrhel & Cibak (1993) hacen hincapié en la necesidad de que futuros estudios determinen los patrones térmicos que se producen en los sujetos especializados en distintas disciplinas deportivas, así como para cualquier otro tipo de trabajo o para la práctica de actividad física.

- **Técnicos:**

- **Validez:** la validez se refiere a si una medición está bien fundada y se corresponde precisamente con el mundo real. En el caso de la termografía infrarroja, la validez sería la capacidad para captar la temperatura de la superficie de un objeto a través de su radiación infrarroja grabada por una cámara térmica. La precisión está directamente relacionada con la validez de la termografía puesto que se refiere a cómo de cerca está la temperatura obtenida a través de la termografía a la temperatura real del objeto. Sherman, Woerman & Karstetter (1996) llevaron a cabo un estudio para determinar la validez de la “videotermografía”, que viene a ser lo mismo que termografía infrarroja. En dicho estudio concluyen que la cámara termográfica es una buena herramienta para aplicar en investigación, permitiendo la visualización de cambios rápidos en la temperatura de grandes áreas de la piel, incluyendo el cuerpo entero. Como desventaja apuntan a su alto coste y a la dificultad de transporte, problemas que hoy día son menores puesto que el precio de la misma está disminuyendo debido a la producción en serie, así como su tamaño que cada vez es menor, existiendo cámaras termográficas en teléfonos móviles actuales.
- **Fiabilidad:** la fiabilidad se refiere al grado en el cual la medida da el mismo resultado en repetidas evaluaciones. Así mismo, la repetibilidad y la reproducibilidad son dos términos relativos a la fiabilidad. La reproducibilidad está relacionada con la consistencia de los resultados a través del tiempo, mientras que la repetibilidad se refiere a la consistencia de los resultados obtenidos después de realizar el mismo procedimiento experimental (Bartlett & Frost, 2008). La fiabilidad de la termografía ha sido examinada en diferentes estudios, tanto con sujetos sanos (Pauling et al., 2012; Zaproudina et al., 2008) como con pacientes (Selfe, Hardaker, Thewlis & Karki, 2006; Spalding et al., 2008). La mayoría de estos estudios encontraron que el coeficiente de correlación intraclase (ICC por sus siglas en inglés) oscilaba entre 0.4 y 0.9. Otros estudios aplicados durante la realización de ejercicio físico muestran peores resultados en este coeficiente de fiabilidad, comparados con otros métodos como los termistores (De Andrade Fernandes, 2014). Fernández- Cuevas (2012) llevó a cabo un estudio en el que la determinación de las regiones de interés (ROI por sus siglas en inglés) estaba

automatizada por un software. Observaron que la automatización de los ROI supuso mejoras en la fiabilidad ($ICC = 0.989$) y permite hacer un análisis más rápido y eficiente de las imágenes térmicas. Aunque dicho análisis no es perfecto, mejora notablemente los análisis manuales y por lo tanto está claro que futuras investigaciones al respecto serán de gran utilidad en esta área.

- Protocolo: el uso de protocolos tiene el objetivo de mejorar los registros termográficos en humanos y minimizar la influencia de factores técnicos (Ammer, 2006). Entre las asociaciones que más han trabajado en ellos, encontramos a la *European Association of Thermology* (EAT), la cual ha colaborado con el grupo de la Universidad de Glamorgan. Dicho grupo ha creado el Glamorgan Protocol (Ammer, 2008).
- Distancia: distintos autores han hablado de la importancia que tiene la distancia a la cual se sitúa la cámara térmica respecto al objeto que queremos grabar. Sin embargo, en la práctica se han utilizado diferentes distancias debido tanto al área que se mide como a las características ópticas de la cámara (Chiang et al., 2008; Ring & Ammer, 2000). Ivanitsky, Khizhnyak, Deev & Khizhnyak (2006) analizaron tanto cámaras que grababan a 3-5 y 8-12 μm de longitud de onda, situándolas a distintas distancias. Sus resultados mostraron que las cámaras que graban a 3-5 μm de longitud de onda son consistentes en distancias comprendidas en un metro. Por otro lado, las cámaras que medían con una longitud de onda de 8-12 μm ofrecieron resultados consistentes en distancias de hasta 2.5 metros. Fernández-Cuevas et al., (2015) recomiendan situar la cámara a una distancia corta en el caso de que el objetivo de la grabación sea un área fija del cuerpo, a fin de incrementar el número de píxeles y consecuentemente obtener mayor información térmica de la zona.
- Posición de la cámara: Ammer (2003) describe que comienza a perderse información térmica desde que situamos la cámara a unos 30° teniendo en cuenta el objeto en cuestión que queremos grabar, y que a partir de 60° la pérdida de información es bastante importante. Por lo tanto, es deseable que la cámara esté posicionada perpendicularmente respecto al objetivo a grabar, y que en ningún caso supere los 60° de angulación. Añadir a la cámara termográfica la capacidad de grabar en 3D sería una posible solución a la pérdida de información producida por el ángulo de grabación (Cheng, Bai, & Chen, 2009).

- Resolución: si consideramos que cada píxel de una imagen térmica representa un dato de temperatura, lo ideal será tener el mayor número posible de píxeles en cada imagen. De igual manera, la cantidad de información obtenida dependerá también de la distancia a la que situemos la cámara. Fernández-Cuevas et al. (2015) sostienen que las cámaras que se han venido usando en los distintos estudios son de 320 x 240 píxeles de resolución, afirmando que debería ser la resolución mínima que se use en la investigación con humanos.

- Calibración: parece haber acuerdo entre investigadores respecto a la importancia de que la cámara termográfica esté adecuadamente calibrada. Algunos autores optan por colocar una fuente de temperatura conocida y constante dentro del termograma (cuerpo negro). Por su parte, Plassmann, Ring & Jones (2016) describen un protocolo que se compone de cinco simples procedimientos que nos permiten conocer si la cámara funciona correctamente o necesita de una calibración por parte de un experto.

- Selección de los ROI: uno de los puntos más controvertidos en la investigación con termografía en humanos es la selección de los ROI. Dicha controversia se basa en que los ROI son dibujados manualmente por el investigador en el termograma, lo cual puede conducir a juicios dispares entre investigadores, o incluso en el mismo investigador en sucesivas medidas de la misma área. La implantación de protocolos como el sugerido por el grupo de la Universidad de Glamorgan (Ammer, 2008), no ha evitado que exista una falta de consenso entre investigadores. Algunos autores han desarrollado procedimientos como colocar marcadores externos en el paciente (), mientras que otros rehúsan usar dicha técnica puesto que podría interferir en la temperatura de la zona marcada (). Respecto a la fiabilidad, se ha observado en más de un estudio que los coeficientes de correlación intra e inter evaluadores no son óptimos, debido principalmente a factores que dependen de la habilidad de quien analiza para seleccionar manualmente los ROI (Ring & Ammer, 2000; Zaproudina, 2008). Para mejorar la fiabilidad y para tener la posibilidad de comparar los resultados de distintos estudios termográficos, Fernández-Cuevas et al. (2015) sugieren que se desarrollen procedimientos objetivos y automatizados para seleccionar los ROI. En esta dirección, un software que permita la selección automática de ROI sería una potente solución, tal como proponen desde el grupo de investigación de la Universidad Técnica de Madrid (Fernández-Cuevas et al. 2012), la Universidad de Loughborough (Fournet, Redortier, & Havenith, 2012), la Universidad de Porto (Barbosa, 2014) o el Instituto Politécnico de Leiria (Duarte et al., 2014).

- Análisis estadístico: independientemente del diseño de investigación usado por cada investigador, el cual no se debatirá aquí, es importante conocer cómo se ha extraído la información térmica de cada imagen. La mayoría de los autores han utilizado la media de las temperaturas de un ROI, trazado manualmente sobre la imagen, para determinar la temperatura de dicha región, lo cual es lógico dado que representan la temperatura media de dicho ROI. No obstante, en ocasiones este método podría dar lugar a errores si tenemos en cuenta que el ROI, al ser trazado manualmente, puede incluir algún área que no queremos que sea incluida en el mismo (por ejemplo, que la línea de nuestro ROI incluya parte del fondo de la habitación o de alguna otra región del cuerpo que no pertenece al ROI en cuestión). Dicho problema, podría contaminar la temperatura media de la región de interés que queremos observar. Para evitar dicha interferencia, hay autores que toman solo el dato de temperatura máxima de la zona del cuerpo de la cual queremos obtener la información. Ludwig y su equipo (Ludwig, Formenti, Gargano, & Alberti, 2014) compararon ambos métodos y encontraron una alta correlación entre los dos, lo cual nos dice que cualquiera de ellos podría ofrecernos una información fiable.

Considero necesaria la exposición de todos estos factores puesto que como hemos visto son numerosos y su influencia es a menudo significativa, por lo que conocerlos y controlarlos debe ser una tarea a tener en cuenta por quienes investigamos usando la cámara termográfica. Debido también a que estamos hablando de una herramienta relativamente nueva en cuanto a su aplicación al campo de la psicología, es de importancia que futuras investigaciones traten de corregir la influencia que pueden ejercer dichos factores, con el objetivo de convertir la termografía en humanos en una herramienta más objetiva y nos permita comparar la información tanto en el mismo sujeto a través del tiempo como en sujetos diferentes, independientemente de los factores ambientales, individuales y técnicos. Teniendo en cuenta la gran cantidad de factores que afectan a esta técnica, debemos afirmar que es casi imposible controlarlos todos, lo cual hace que nos encontremos antes uno de los puntos más débiles de la termografía en humanos. Alcanzando un mayor conocimiento de cada uno de dichos factores y su influencia sobre la temperatura, lograremos evitarlos, en cierta medida, y seremos conscientes de cómo de importantes son, asegurándonos así un buen uso de la termografía.

1.3. Aplicación de la termografía a la psicología y psicofisiología:

La temperatura y su regulación en el cuerpo humano

La temperatura central del cuerpo humano (en cavidad torácica o abdominal, medida con termómetros de profundidad en recto, membrana timpánica, esófago, sangre o hipotálamo) tiende a situarse entre 36 y 37°C, mientras que la temperatura cutánea (medida en la axila, a nivel subcutáneo, masa muscular o tejido adiposo blanco) suele aproximarse a los 33,5°C. Estar fuera de estos valores, tanto por arriba como por abajo, puede suponer la aparición de distintas patologías (hipotermia, hipertermia) o incluso, en casos extremos, tener consecuencias mortales.

La regulación de la temperatura en el cuerpo humano para mantener constantes los valores del mismo, es llevada a cabo por el hipotálamo, mediante un circuito negativo de retroalimentación. En la citada estructura se encuentran neuronas especializadas llamadas termorreceptores, las cuales vigilan la temperatura de la sangre constantemente, comparando los datos obtenidos con los valores de referencia, situados en torno a 36 y 37°C, dependiendo de diferentes características de la persona como la edad, actividad física, tasa metabólica, etc. Si se producen incrementos o descensos en la temperatura, se envía una señal desde el hipotálamo (anterior si se produce un incremento y posterior si se produce un descenso) al resto de células corporales que inician un proceso de vasodilatación o vasoconstricción y que ralentizan o aceleran el metabolismo (Jones, 1998). El hipotálamo puede actuar sobre la temperatura corporal mediante diversos mecanismos: vasodilatación, vasoconstricción, sudoración, contracción muscular, aumento del metabolismo, entre otros (Werner, 2010).

La temperatura como variable psicofisiológica

Ya en 1892, el psicólogo y filósofo William James afirmaba que “la actividad cerebral parece estar acompañada de un desprendimiento local de calor...”, basándose en estudios de la época donde se halló un incremento de temperatura de 1°C en el cerebro de perros tras mostrarles una porción de carne (James, 1982).

El control homeostático de la temperatura de la piel es funcional tanto por razones psicológicas como biológicas, tales como hacer frente a un cambio en el ambiente, combatir un virus (como por ejemplo la fiebre; Skitzki, Chen, Wang, & Evans, 2007), o para una correcta activación fisiológica en caso de que se presente una amenaza externa (Porges, 2001). El cuerpo humano cuenta con distintas estrategias fisiológicas para cubrir cualquier tipo de demanda ambiental, desde una interacción social hasta la respuesta de “lucha o huida”. El lóbulo frontal,

inhibe las estructuras medulares más primitivas, permitiendo que participe el nervio vago y promoviendo así, entre otros, la interacción social. En tales ocasiones, el ambiente es percibido como seguro, por lo tanto, el sistema nervioso parasimpático se activa permitiendo un normal funcionamiento fisiológico que implica un cierto estado de serenidad o vegetativo, entendido este último como el estado en el que el organismo solo realiza las funciones fisiológicas estrictamente imprescindibles para permanecer con vida (Porges, 2001, 2009). En el lado opuesto, cuando nos encontramos con circunstancias amenazantes, el nervio vago deja de actuar (Porges, 1992), permitiendo que el sistema nervioso simpático entre en juego preparando al cuerpo para la respuesta de lucha o huida. La evaluación neural de dicha amenaza no requiere consciencia e implica a las estructuras subcorticales del sistema límbico (Morris, deBonis, & Dolan, 2002) que reciben la información desde la corteza visual y auditiva (Uwano, Nishijo, Ono, & Tamura, 1995).

Como respuesta a la amenaza se produce vasoconstricción subcutánea, la cual minimiza el volumen de sangre que albergan las venas bajo la piel (Kistler, Mariazolou, & Berlepsch, 1998; Pavlidis, Levine, & Baukol, 2001). Este mecanismo protege contra una excesiva pérdida de sangre y posible hemorragia en caso de lesión (Chien, 1967; Haddy, Overbeck, & Daugherty, 1968; Pearce & D'Alecy, 1980; Vatner, 1974; Vianna & Carrive, 2005). Contrariamente, una vez que la amenaza ha sido enfrentada, se observa una relajación vascular y mayor aumento del flujo sanguíneo, acompañado por un incremento gradual de temperatura, el cual es resultado de una nueva activación del sistema nervioso parasimpático (Nhan & Chau, 2010).

El inicio de la aplicación de la termografía a la psicología podemos situarlo en torno a la década de los 80. En ese momento algunos estudios (Mizukami, Kobayashi, Iwata & Ishii, 1987; Zajonc, Murphy & Inglehart, 1989) investigaron las emociones aplicando dicha técnica, aunque cabe precisar que no despertó un gran interés en la comunidad científica. Posteriormente, se renovó dicho interés con un estudio que relacionaba la mentira con un incremento en la temperatura alrededor de los ojos (Pavlidis, Eberhart, & Levine, 2002).

Una de las principales ventajas de la termografía es la reducción de ruido experimental, que con frecuencia aparece en otras medidas psicofisiológicas (Agnew & Wise, 2008). Distintos estudios (Genno et al. 1997) que utilizan la cámara termográfica apuntan a que la temperatura de la piel tiene un gran potencial como medida psicofisiológica, debido a que no es necesario contacto físico con el sujeto. Tal como se comentó en el primer apartado de este capítulo, la termografía ofrece una fiabilidad alta. Dicha afirmación ha sido corroborada por artículos de investigación psicológica que han usado simultáneamente tanto la termografía como otras técnicas muy utilizadas en psicología tales como la electrocardiografía, banda de tórax piezoeléctrica para monitoreo de la

respiración, termistores nasales, conductancia de la piel, o respuesta galvánica de la piel (Coli, Fontanella, Ippoliti, & Merla, 2007; Kuraoka & Nakamura, 2011; Pavlidis et al., 2012; Shastri, Merla, Tsiamyrtzis, & Pavlidis, 2009). Además, se ha sugerido que la termografía no solo es una herramienta fiable en cuanto a medición de arousal, si no que diferencia entre línea base y estados afectivos (Nhan & Chau, 2010).

El área del cuerpo humano que más se ha estudiado en psicología mediante la termografía ha sido la cara. Ello es debido al hecho de que la cara no suele estar tapada, con ropa o algún otro elemento, y está abierta a la comunicación e interacción social (Ioannou, Gallese, & Merla, 2014). El sistema nervioso autónomo regula los músculos faciales, controlado por el tronco encefálico a través del nervio vago, estos músculos causan las expresiones que se producen de manera acorde a los cambios ambientales y psicológicos (Nhan & Chau, 2010). Tales expresiones constituyen un aspecto crucial de la señalización socioemocional en las interacciones sociales interpersonales. Tanto es así, que han sido definidas como un elemento básico para un funcionamiento psicológico sano (por ejemplo en trastornos como el autismo, trastornos agresivos o esquizofrenia; Porges, 2001). Los músculos faciales, como cualquier músculo del cuerpo humano, requiere nutrientes que son aportados a través de la corriente sanguínea. Así, el flujo sanguíneo se modifica para hacer posible la actividad muscular, cambiando el mapa térmico emitido (Ioannou, Gallese, & Merla, 2014). No debemos olvidar la importancia de la musculatura facial en la expresión emocional, que dada la relación entre actividad muscular y cambio térmico, podría posibilitar el estudio de las diferentes emociones mediante la termografía.

Estudios psicológicos

En este apartado haremos un resumen de las áreas de la psicología que desde hace unos años se han abordado usando la cámara termográfica como principal método de investigación.

Estrés

Un buen indicador de estrés en el ámbito laboral es la carga mental. Una herramienta no intrusiva como la termografía es muy útil para llevar a cabo medidas fisiológicas para detectar carga mental. Calvin & Duffy (2007), llevaron a cabo un estudio que midió la carga mental en conductores profesionales mientras participaban en una tarea de conducción en un simulador, conduciendo tanto en una ciudad como en una autopista. Al mismo tiempo, eran sobrecargados con una tarea de carga mental. Comparando la temperatura con la línea base previa a la sesión experimental, obtuvieron diferencias significativas en la temperatura de la nariz, disminuyendo esta 0.55°C durante la condición de conducción por la ciudad.

En otra investigación, se midió el nivel de estrés en cirujanos expertos y novatos mientras entrenaban en tres tareas diferentes de cirugía laparoscópica. Hallaron que el nivel de estrés era mayor en los novatos que en los expertos, reflejado por descensos de temperatura en la región nasal de la cara así como en la activación de transpiración en los poros de la piel (Pavlidis et al., 2012; Shastri, Papadakis, Tsiamyrtzis, Bass, & Pavlidis, 2012).

En el ámbito de la investigación de la interacción entre hombre-máquina, se llevó a cabo un estudio donde los autores usaron una tarea de Stroop para explorar los marcadores de la frustración. Basándose en la temperatura de la frente, observaron, al compararla con la línea base, que el estrés aumentó el volumen de sangre en los vasos supraorbitales produciendo consecuentemente un aumento de calor en la zona (Puri, Olson, Pavlidis, Levine, & Starren, 2005; Zhu, Tsiamyrtzis, & Pavlidis, 2007).

Por último, un estudio se propuso evaluar a través de la termografía la habilidad de aprendizaje utilizando una tarea aritmética basada en el alfabeto. Durante los primeros intentos la temperatura de la nariz era más baja, como resultado de la dificultad de la tarea y la consecuente carga mental. Después de haber entrenado realizando varios ensayos, los sujetos fueron más rápidos y precisos en sus respuestas y se observó un aumento sistemático en la temperatura de la nariz (Kang, McGinley, McFadyen, & Babski-Reeves, 2006).

Miedo

Kistler et al., (1998) realizaron un interesante estudio que inducía miedo en los participantes exponiéndolos a escenas de una película de suspense. La escena de la ducha de la película “Psycho” de Alfred Hitchcock fue la elegida para esta investigación. Tras comparar los resultados con la línea base, los autores hallaron un descenso de unos 2°C en la punta de los dedos, como resultado de la vasoconstricción producida en los mismos.

Por su parte, Merla y Romani (2007) estudiaron los cambios térmicos en la cara de sujetos que condicionaron mediante estímulos eléctricos inesperados de baja intensidad. Producto de ello se redujo la temperatura de la zona de la boca, frente y palmas de las manos.

El resto de estudios que se han hecho en esta área han sido con animales. Se expuso a monos a un vídeo de un mono furioso junto con vocalizaciones agresivas amenazantes y se observó que dicho estímulo produjo un descenso de temperatura más marcado en la nariz que con cualquier otro estímulo presentado anteriormente (Kuraoka & Nakamura, 2011).

Reflejo de sobresalto

La respuesta de sobresalto es un reflejo natural. En las situaciones de la vida real, ocurre cuando un individuo que está inmerso en una tarea cognitiva demandante es expuesto repentinamente a un evento que requiere de atención inmediata, y que va seguido de una respuesta somática (motora o comportamental) como el parpadeo.

Uno de los estudios que abordó este fenómeno utilizó como estímulo el sonido de un vaso rompiéndose y un sonido de llamada telefónica. La línea base fue grabada mientras los participantes llevaban a cabo la tarea mental de contar los círculos que aparecían aleatoriamente en la pantalla. Posteriormente se les indujo el reflejo de sobresalto mediante la aparición de los sonidos mencionados. Los resultados muestran que durante el sobresalto se activó la transpiración de los poros en el área maxilar, descendiendo la temperatura del labio superior y de las zonas próximas a esta. Además, aumentó la temperatura de las zonas periorbitales y supraorbitales de la cara (Shastri et al., 2012). Namura, Tsuda y Suzuki (1993) observaron que, comparado con un reflejo producido por un sonido de 45 dB, un ruido blanco de 100 dB causaba un descenso de la temperatura nasal. Los mismos resultados fueron obtenidos por Pavlidis et al. (2001) en un experimento en el que los participantes fueron expuestos a un intenso estímulo auditivo de 60 dB después de estar sentados tranquilamente en una habitación oscura. Así mismo, observó aumentos de temperatura en la zona periorbital y en el cuello, mientras que los pómulos experimentaron un descenso de temperatura.

Opuestamente, Gane, Power, Kushki y Chau (2011) no obtuvieron cambios significativos de temperatura aplicando el mismo procedimiento experimental. En esta ocasión, se les pedía a los participantes que completaran una tarea en la cual debían pulsar un botón cuando les aparecían parejas de imágenes similares. Mientras tanto, en intervalos de tiempo inesperados, se les presentaba el estímulo auditivo de 102 dB, causante del reflejo.

Empatía

Algunos de los estudios que se han propuesto medir la empatía a través de la termografía han sido llevados a cabo con niños. Tales sujetos requieren de unas condiciones especiales tales como una línea base más controlada que en estudios con adultos. Por ejemplo, Ebisch et al., (2012) se aseguran de que antes de grabar la línea base, el niño esté familiarizado y seguro con el experimentador, puesto que de lo contrario podría ser una fuente de estrés. Una vez que se sentía seguro, se grababa la línea base en ausencia de la madre y mientras el experimentador seguía jugando con el niño. La madre podía observar al niño a través de un espejo de cristal. En la

condición experimental, de manera planeada, el juguete que tenía el niño se rompía, con el objetivo de inducir estrés y medir la respuesta térmica facial de la madre y el niño, los cuales no eran conscientes de que ello estaba planeado. Ambos participantes mostraron descensos de temperatura simultáneos en la región maxilar y nasal de la cara. Una vez que se resolvía el accidente durante la fase de calma de la sesión experimental, tanto la región maxilar como la nasal incrementaron su temperatura. Un estudio que fue una extensión del anteriormente citado, añadió un grupo adicional de mujeres participantes, mostró que la diada madre-niño tuvo una mayor reacción empática al estado emocional del niño en comparación con la diada mujer-niño (Manini et al., 2013). Salazar et al. (2015) también encontraron un descenso térmico en condiciones de empatía positiva y negativa. Tanto en la risa empática como en el dolor empático ocurrió un descenso térmico facial. Sin embargo, Ioannou et al. (2016) encontraron en el llanto empático una subida térmica facial general. Por lo tanto, en la actualidad los resultados sobre el mapa corporal de la empatía son contradictorios y pueden ser confundidos con el mapa del estrés.

En el capítulo 5 expondremos los resultados de nuestra investigación en la que utilizamos como variables el nivel de empatía, la ansiedad de estado y la resolución de dilemas morales de diverso tipo, entre otras, aplicando además la cámara termográfica para obtener los mapas térmicos de cada una de las condiciones.

Culpa

Ioannou et al. (2013) aplicaron un paradigma experimental muy similar al descrito en la sección de empatía investigada en niños, con una fase de aclimatación para adquirir seguridad con el experimentador, otra donde se produce el accidente y una última fase de calma y resolución del accidente. En este estudio encontró que en la fase de juego, 8 de los 15 niños evaluados mostraron respuestas diferentes, 2 de ellos mostraron un incremento y 6 un descenso de la temperatura de la nariz. La fase de accidente sí fue más homogénea, con 12 de los 15 niños mostrando un descenso de temperatura. Finalmente, durante la fase de calma, 12 de ellos mostraron un aumento de temperatura con respecto a su estado en la fase previa.

Arousal sexual

En una investigación (Merla & Romani, 2007) se propuso caracterizar el mapa térmico de la cara mientras los participantes eran estimulados con un video erótico de 5 minutos de duración, utilizando como línea base un vídeo sobre deporte. Durante el video erótico, la temperatura de la frente, labios y regiones periorbitales se incrementó.

Por su parte, Salazar (2012) llevaron a cabo un estudio donde compararon la visión en hombres y mujeres de videos eróticos, neutros y pornográficos, encontrando un aumento de la temperatura del pecho derecho en el caso de los videos pornográficos en hombres y en los videos eróticos en mujeres. En un experimento similar Kukkonen et al. (2007) encontraron un aumento en la zona genital, y Abramson & Pearsall (1983) observaron un aumento en el pecho pero durante el acto de masturbación.

Contacto interpersonal

Tanto la mirada directa como la proximidad interpersonal causan cambios fisiológicos y comportamentales, pero se conoce poco sobre su influencia en la temperatura corporal. Ioannou et al. (2014) grabaron a 18 mujeres a distintas distancias (íntima y social) con dos condiciones para la mirada (evitadora y directa). La mirada directa, respecto a la evitadora, produjo un importante incremento térmico, a ambas distancias pero con un efecto más fuerte en la distancia íntima. Así mismo, los participantes afirmaron que la mirada más intrusiva fue la directa, independientemente de la distancia a la que se produjera.

Vergüenza

Hasta donde conocemos, el único estudio llevado a cabo hasta la fecha fue el realizado por Merla y Romani (2007). Aplicaron una tarea de Stroop a los participantes en frente de gente desconocida. El estudio fue diseñado con el objetivo de crear sentimientos de vergüenza y niveles bajos de estrés en los participantes que llevaban a cabo incorrectamente la tarea en presencia de otros. El periodo previo a la tarea experimental fue usado como línea base. Se observó un descenso de temperatura en las palmas de las manos, la cara, y especialmente alrededor de la boca.

Alegría

Uno de los principales componentes de las interacciones sociales es sin duda la risa. Una investigación llevada a cabo en Japón estudió las expresiones de alegría en niños, en grupos de edad comprendidos entre 2-3 meses, 4-6 meses y 8-10 meses, en los cuales la risa fue inducida mediante el juego con un extraño. La línea base fue grabada en el periodo previo a la estimulación, antes de que comenzara la risa. Todos los grupos de edad, mostraron un descenso de temperatura en la nariz, mientras que la frente y los pómulos permanecieron estables. El cambio de temperatura era mayor, significativamente, en niños con edades comprendidas entre 4-10 meses respecto a los de 2-3 meses de edad.

Detección de mentira

En los últimos años, debido a la capacidad mostrada por la cámara termográfica de detectar emociones, distintos investigadores se han propuesto aplicar la termografía como una herramienta de detección de mentiras. Uno de los primeros estudios fue el realizado por Pavlidis et al., (2002). En dicho experimento, los experimentadores crearon un escenario donde los participantes debían apuñalar a un maniquí, robarle 20\$, y tras ello defender su inocencia. Como línea base se usó la temperatura previa a la situación experimental, y la temperatura fue también medida antes de que los participantes comenzaran a declarar su inocencia ante la pregunta crítica: ¿Has robado los 20\$? La termografía permitió identificar precisamente a 11 de los 12 sujetos como culpables a través de un incremento observado en la temperatura de la frente y regiones alrededor de los ojos. Investigaciones posteriores han seguido el mismo procedimiento experimental, con un número adicional de participantes y centrándose en regiones concretas de la cara. Centrándose en la temperatura de la zona periorbital durante el interrogatorio, Tsiamyrtzis et al. (2006) alcanzaron una precisión del 87.2 % detectando a quienes mentían. Zhu et al. (2007) se fijaron en la frente y más concretamente en el músculo corrugador, alcanzando estos un 76.3 % de precisión en detección de mentiras. El aumento de temperatura descrito en estos estudios fue producido por un incremento del flujo sanguíneo hacia los músculos faciales, como resultado del estrés mental que supone mentir y por la respuesta de lucha o huida. Panasiti et al. (2016) sin embargo, señalan el aumento de temperatura de la nariz como ROI facial clave para la detección de la mentira. Es decir, que en la literatura científica no hay acuerdo sobre la zona de la cara clave para la detección de la mentira o sobre si la temperatura en esa zona debe aumentar o disminuir. Además, como señala Ioannou et al. (2014) solo con los termogramas de la cara es muy difícil, por no decir imposible, discriminar la mentira, el estrés, la culpa o el miedo.

Un análisis más profundo será expuesto en el capítulo 4 de esta tesis doctoral, en el que se integra nuestra investigación relativa a la detección de mentiras mediante termografía y se hace un análisis de la literatura previa referente a dicho tema.

En los siguientes capítulos se redactan los artículos de investigación que hemos llevado a cabo en los últimos años y que conforman la presente tesis doctoral. Las áreas psicológicas con aplicación potencial de la termografía son ilimitadas: detección de ansiedad, estrés postraumático, ideas suicidas, toma de decisiones intuitivas o deliberativas, efectos de la meditación, en hipnosis o los cambios térmicos de las diferentes fases del sueño, en la detección de marcadores somáticos en el juego de cartas, en la evaluación de diferentes tipos de sinestesia como la sinestesia tacto-espejo o aquellas sinestias con concurrente temperatura, en el estudio de la función del bostezo, la carga

mental, la planificación, la detección de emociones básicas o de la respuesta empática, etc. Nosotros nos hemos centrado en avanzar en la aplicación termográfica a la detección de la mentira, en comparar los cambios térmicos en la activación de la red neurológica por defecto frente a la red de tarea y en el mapa térmico de la empatía ante diversos dilemas morales.

II. MEMORIA DE TRABAJOS

CAPÍTULO 2.

SERIE EXPERIMENTAL, OBJETIVOS E HIPÓTESIS:

CAPÍTULO 2. SERIE EXPERIMENTAL, OBJETIVOS E HIPÓTESIS:

El principal objetivo general de esta tesis es continuar avanzando en el desarrollo de la psico-termografía. El laboratorio de termografía del CIMCYC de la Universidad de Granada, al que pertenezco, empezó sus investigaciones en el año 2010. En 2012 se publicó la primera tesis doctoral sobre termografía aplicada a la Psicología Básica, de Elvira Salazar, dirigida por el profesor Emilio Gómez. En 2015 publicamos un libro en castellano sobre Neurotermografía y Termografía Psicosomática, en la editorial Artecitta, donde se muestran las primeras aplicaciones psicológicas de la termografía, a la mentira (efecto Pinocho), a la detección de marcadores somáticos en jugadores novatos y expertos ante la Iowa Gambling Task de Damasio, un estudio sobre la función de enfriamiento cerebral del bostezo o un caso de cambios térmicos por empatía extra-alta o hiperempatía en sinestesia tacto-espejo ante el dolor. Nuestro grupo ha publicado estudios sobre los cambios térmicos asociados a la valencia y arousal de las imágenes IASP, a la empatía, al amor (Salazar et al, 2015), sobre el patrón térmico y cerebral del baile y duende flamencos o su aplicación como método rápido de evaluación en la enfermedad de Parkinson (Antonio-Rubio et al., 2015). Luego, nuestro principal objetivo general es ampliar las temáticas psicológicas a las que se aplica la termografía, así como institucionalizar en la medida de nuestras posibilidades la termografía psicológica igual que existe la termografía industrial, militar, médica o veterinaria.

Los objetivos específicos se vinculan a cada una de las áreas temáticas a las que vamos a aplicar la termografía. Para ello, en esta tesis abordamos tres tópicos: la voz interna, las mentiras y los dilemas morales. El objetivo es investigar en temáticas de gran interés teórico y aplicado, caracterizadas por los procesos mentales, por el pensamiento y la emoción, donde no hay que hacer nada, salvo quizás tomar una decisión tras deliberar, pero donde la teoría de la mente, la empatía o la focalización de la atención juegan un papel determinante. Queremos comprobar si pensar, decidir, sentir... producen cambios térmicos. Además, si el cambio térmico de la piel, se asocia sobre todo a la actividad del sistema nervioso autónomo, queremos determinar si éste sólo produce la respuesta general de adaptación propia de estrés o un número mayor de respuestas o cambios térmicos distintos. Y si estos diferentes mapas térmicos se pueden clasificar en la dicotomía de dominio simpático y parasimpático o existen más alternativas como efecto valencia, efecto arousal, efecto visceral y sus posibles combinaciones, en función de los aumentos o decrementos térmicos en distintas ROI faciales, manuales o corporales. Dentro de cada temática o estudio, desarrollamos una serie experimental, sobre todo en el caso de la mentira, para responder a estas y otras cuestiones

que surgen durante la propia investigación. A continuación enumeramos los tres estudios y sus objetivos específicos.

2.1. Objetivos e hipótesis del estudio 1

En todo momento, mantenemos un diálogo con nosotros mismos en nuestra cabeza, nuestra voz interna nos acompaña siempre. Cuando esperamos al bus o estamos en la ducha, inconscientemente, nos abordan pensamientos, ideas o imágenes de distinto tipo. De manera sorprendente, estudios previos muestran que la mayoría de la gente califica como aburrida o desagradable la sensación de estar a solas con sus pensamientos. Dicha voz interna tiene su base cerebral en la recién descubierta red neuronal por defecto, y es un aspecto clave de un buen funcionamiento psicológico, ya que se presenta de forma alterada en distintos trastornos psicológicos. Por el contrario, cuando estamos inmersos en una tarea fijamos nuestra atención en lo que estamos haciendo y esta voz interna cesa su actividad. Sin embargo, cuando llevamos a cabo cualquier tarea, la red que se activa es la red neuronal atencional, la cual activa zonas cerebrales distintas a la red neuronal por defecto. Un estudio afirma que nos hace infelices encontrarnos atendiendo a dos tareas a la vez, y que precisamente pasamos la mayor parte del tiempo en dicha situación. Con otras palabras, estar inmersos y focalizados en una sola tarea produce una sensación agradable y positiva.

En esta primera investigación nos planteamos estudiar ambas redes neuronales, con el objetivo de encontrar a través de la termografía marcadores psicofisiológicos de ambas experiencias, ya que, hasta donde conocemos, no se han estudiado previamente. Otro importante objetivo es replicar la investigación de Wilson et al. (2014), quien encontró que los sujetos de su estudio calificaron como aburrida la situación de estar a solas divagando por su mente, llegando incluso a optar por realizar tareas distractoras, a fin de no estar a solas con su voz interna, que previamente habían definido como desagradables e incluso dolorosas.

2.2. Objetivos e hipótesis del estudio 2

La detección de la mentira es un tema que ha causado gran interés científico y social desde hace tiempo, dedicándose un gran número de publicaciones y estudios a dicha temática. Tradicionalmente, la mentira se ha intentado detectar mediante el famoso polígrafo. Dicha tecnología se ha probado imprecisa a la hora de detectar cuando una persona miente o dice la verdad. El polígrafo nos da información sobre distintos parámetros fisiológicos mientras el sujeto es entrevistado acerca del hecho sobre el que queremos conocer la verdad. Uno de los principales problemas es que podemos conocer dichos parámetros pero no podemos discriminar cual fue la

causa que generó tales cambios. Por ejemplo, tales cambios podrían deberse a que el sujeto se encuentra nervioso puesto que se le está juzgando, aunque sea inocente, o a que el entrevistador/a le parece atractivo/a. Tras el fracaso del polígrafo, se han probado nuevas tecnologías como la resonancia magnética funcional, la electroencefalografía, la prueba del potencial P300, los analizados de estrés vocal o los sistemas de seguimiento ocular (eye-tracking).

Además de estas tecnologías mencionadas, la termografía se viene aplicando desde hace unos 15 años al estudio de la mentira. Esta técnica está ofreciendo resultados más precisos, contando con más aciertos (mentirosos correctamente detectados) y menos falsas alarmas (inocentes declarados como mentirosos) que el polígrafo. Hasta la fecha, los estudios se han fijado solamente en la temperatura de alguna zona de la cara para detectar cambios térmicos que permitan discriminar si el sujeto miente o no. Uno de nuestros objetivos de este estudio es el que aplicamos la termografía a la detección de mentiras es ayudar a aclarar las ROI que son más discriminativas, tanto faciales (zona ocular, frontal o nariz) como corporales (manos o torso), a fin de seguir aumentando la exactitud de la detección y la disminución de las falsas alarmas. Adicionalmente, esperamos también poder discriminar entre la mentira y la respuesta de estrés físico, ya que ambas están caracterizadas por descenso térmico de ciertas zonas faciales, por lo cual fijándonos solo en dicha zona no es posible discriminar entre ambos procesos.

Puesto que la aplicación de la termografía a la psicología, en general, y al estudio de la mentira, en concreto, es relativamente reciente, ofrece aún un importante margen de mejora que en los próximos años se conocerá con mayor precisión. Ello nos lleva a plantearnos el objetivo de desarrollar y mejorar el protocolo que se lleva a cabo en la detección de la mentira para poder así aumentar la exactitud y disminuir las falsas alarmas. Con dicho fin, añadimos el Cold Stress Test a la detección de mentira, así como aumentamos la carga cognitiva del sujeto haciéndole contar la historia en orden cronológico inverso, puesto que la literatura previa afirma que un aumento en la carga cognitiva aumenta la probabilidad de detectar a quien miente, ya que mentir es de por sí un acto que requiere un esfuerzo cognitivo importante y de esta manera estaríamos sobrecargando al sujeto. Por otra parte, la mentira es más probable que se manifieste en situaciones de estrés, puesto que disminuye el control de la situación por parte del participante.

2.3. Objetivos e hipótesis del estudio 3

La literatura previa diferencia entre dilemas personales e impersonales, siendo los primeros los que implican un mayor componente emocional a la hora de resolverlos, puesto que el sujeto deberá actuar personalmente en la resolución del dilema que se le presenta. Expuestos a dilemas morales, los sujetos con una puntuación alta en empatía suelen dar una respuesta no utilitaria,

especialmente si el dilema es personal. Por su parte, los sujetos con unos niveles más bajos de empatía suelen tomar más tiempo, en comparación con los sujetos con alta puntuación, en tomar la decisión, siendo esta mayoritariamente utilitaria. A menudo, en la resolución de los dilemas morales en general, entran en juego tanto la razón como la emoción. Un juicio más racional o utilitario daría más peso a la solución más conveniente para la mayoría, considerando previamente a la toma de la decisión las razones que pueden llevar a optar por una de ellas y descartar la otra. Así mismo, un juicio emocional o intuitivo tiende mayoritariamente a evitar hacer daño a los demás, basándose en una sensación visceral interoceptiva que impide actuar de dicha forma.

En este estudio, nos fijamos como objetivo estudiar la empatía mediante la termografía. Decidimos llevar a cabo esta investigación puesto que, hasta la fecha, los estudios que lo habían hecho, encontraron resultados significativos pero contradictorios entre sí al estudiar la empatía, tanto en el dolor y la alegría empáticos como con el llanto empático al ver películas románticas o en la relación entre madres e hijos. Hasta donde nuestro conocimiento alcanza, este es el primer estudio que aplica la termografía a la resolución de dilemas morales, que sí habían sido estudiados mediante otras medidas psicofisiológicas como la respuesta galvánica de la piel, entre otras. Con la aplicación de la termografía esperamos encontrar marcadores psicofisiológicos de las respuestas utilitarias o no utilitarias. Con dicho fin, decidimos ampliar las áreas corporales estudiadas, o ROI, grabando además de la cara, el torso y las manos. Esta ampliación fue decidida, al encontrar que los termogramas de la cara y de las manos no discriminan a las distintas emociones negativas entre sí (mentira, culpa, miedo, estrés), pues en todos los casos disminuye la temperatura en ambos termogramas. Sin embargo, la piel del torso, cuya temperatura podría guardar una relación espacial y especial con la temperatura central visceral, puede diferenciar empatía de estrés o mentira de estrés (al ser combinado con el termograma facial y manual).

Podríamos considerar, hasta cierto punto, que la respuesta de estrés es el opuesto a la respuesta empática. El mapa corporal térmico del estrés se caracteriza por una bajada térmica en las manos y en la cara, y una subida o mantenimiento de la temperatura en el torso. Dichos efectos aparecen, por ejemplo, cuando nos desnudamos en la nieve o si el sujeto es sometido al Cold Stress Test, el cual consiste en introducir la mano durante dos minutos en agua a 0°C, con el consecuente estrés físico que ello conlleva. Una de nuestras hipótesis se basa en que si la respuesta de estrés es la imagen opuesta, o imagen espejo, de la respuesta empática, esta estará caracterizada por un aumento de temperatura en manos y cara y un descenso térmico en el torso. Si consideramos la temperatura de la piel como un escudo protector de la temperatura central de las vísceras para garantizar su funcionamiento y nuestra supervivencia, es lógico suponer que ante situaciones

estresantes, el escudo térmico se activa produciendo una respuesta de lucha o huida, generándose vasoconstricción periférica para conservar la temperatura central, manteniéndonos a salvo de dicha situación. Opuestamente, en la respuesta empática, nuestro objetivo no es defendernos de alguna amenaza sino ayudar al otro. En este caso, el escudo térmico desaparece, activando el aumento térmico de la periferia para la acción de ayudar, en detrimento de la temperatura central (relacionada con nuestra propia supervivencia o defensa del yo).

CAPÍTULO 3.

Estudio 1: TERMOGRAFÍA, VOZ INTERNA Y *MINDFULNESS*:

Termografía, voz interna y *mindfulness*

Versión pre-publicación de:

Puertollano, M., Moliné, A., & Gómez Milán, E. (aceptado) Termografía, voz interna y *mindfulness*. *Artecittà Synesthesia Journal*.

Resumen

En este estudio se pretende examinar si divagar con nuestra mente o permanecer a solas con nuestros pensamientos es considerado como desagradable, mientras que fijar nuestra atención y pensamientos en una tarea concreta es una actividad placentera, tal como lo afirma la literatura previa. Además de ello, se evaluará la activación simpática o parasimpática del sistema nervioso autónomo y se determinará el mapa térmico facial para ambas tareas, estando a solas con tus pensamientos sin hacer nada más durante quince minutos o llevando a cabo una sesión de *mindfulness* del mismo tiempo de duración. Los resultados muestran en la condición *mindfulness* un aumento tanto de la temperatura de la nariz como de la frente, mientras que en la condición no hacer nada la temperatura descendió en ambas zonas faciales. Todos los participantes del grupo *mindfulness* describieron la situación como “tranquila” y “relajante”. Más de la mitad de los participantes de la condición en las que les dejábamos a solas con sus pensamientos definieron la experiencia como “desagradable”.

Keywords: termografía, *mindfulness*, voz interna, red neuronal por defecto.

Introducción

El pensamiento introspectivo es considerado específicamente humano. Tenemos la capacidad que nos lleva a razonar, a imaginar, soñar despiertos, a rememorar y a vivir el mundo desde nuestra propia y única perspectiva. Sin embargo, en general es poco el tiempo que dedicamos a parar nuestra rutina diaria y no hacer otra cosa que pensar mientras permanecemos quietos. Contamos con un ambiente externo lleno de responsabilidades, actividades deportivas, televisión, tareas domésticas y laborales, paneles publicitarios, acceso a internet y un móvil que cuenta con toda la información distractora que se precise para evitar ese “*aburrimiento* tan desagradable” (en opinión de muchos) que tanto nos asusta: estar a solas contigo mismo. Sin distractores, sin ruido de fondo. Quietos, a oscuras. Solos tú y tu voz interna, en una especie de diálogo caótico. Según Killingsworth & Gilbert (2010) la mayor parte del tiempo nos encontramos en situación de tarea dual (haciendo una cosa mientras pensamos en otra) y eso correlaciona con nuestra sensación de infelicidad. O dicho de otro modo, concentrarnos en la actividad que hacemos, con atención plena al aquí y ahora se asocia a sentirse feliz.

Recientemente, investigadores han empezado a interesarse por esta llamada voz interna y la recién descubierta Red Neuronal por Defecto (Buckner, Andrews-Hanna, & Schacter, 2008; Raichle et al., 2001; Shulman et al., 1997), o base cerebral de la voz interna divagante. Se trata de un sistema cerebral, anatómicamente definido, que se encuentra activo cuando un individuo no está realizando una tarea cognitiva externa. De hecho, esta red se pone en funcionamiento con la realización de tareas focalizadas internamente, tales como la recuperación de recuerdos de tipo autobiográfico, la imaginación del futuro, y la concepción de las perspectivas de otros (Buckner et al., 2008). Las principales áreas que constituyen esta red son la corteza prefrontal ventromedial (vmPFC), los lóbulos temporales mediales (MTL), el córtex cingulado posterior (PCC) y la corteza retrosplenial (RSC) (Greicius, Supekar, Menon, & Dougherty, 2009).

Sin embargo, como dijimos, es un hecho que es poco el tiempo que dedicamos a estar solos mientras disfrutamos de nuestros pensamientos. Una serie de estudios realizados en los Estados Unidos, publicados en la revista *Science*, mostraron que dedicar tiempo para pensar en una habitación solos durante un periodo de entre 6 y 15 minutos era desagradable, hasta tal punto que los participantes optaban por administrarse descargas eléctricas durante este tiempo antes que permanecer sin hacer nada (Wilson et al., 2014). En algunos de estos estudios, pedían a los participantes que permanecieran solos durante este tiempo en una habitación que carecía de adornos o estímulos distractores. Los individuos se despojaban de sus objetos, tales como el móvil o escritos

que pudieran ser utilizados como fuente de distracción. La única instrucción dada era que utilizaran ese tiempo para entretenerse con sus propios pensamientos. Las experiencias informadas por los participantes eran caracterizadas como distractoras y de difícil concentración; y, como media, los participantes no disfrutaban esta experiencia demasiado (consideraban la experiencia desagradable). En otro de estos estudios, los participantes recibían las mismas instrucciones que en los anteriores, pero en este caso se ofrecía a los individuos la opción de auto-administrarse descargas eléctricas si lo deseaban. Estas descargas se presentaban previamente a los participantes, y se preguntaba qué cantidad pagarían por experimentar o no ese estímulo de nuevo. Los resultados mostraron que el 67% de los hombres y el 25% de las mujeres que habían afirmado que pagarían por no recibir esa estimulación, se administraron voluntariamente al menos una descarga eléctrica durante el periodo de tiempo que permanecieron a solas con sus pensamientos.

La mente y los pensamientos son de difícil control. Normalmente, no decides cuál será el tema en el que te sumerges mientras estás esperando a que llegue tu autobús, o el problema que ronda tu cabeza sin control justo antes de que consigas conciliar el sueño. Existen estudios que han demostrado que las técnicas de meditación y *mindfulness* pueden influir positivamente en este control, con claros beneficios (Schooler et al., 2014). La ejercitación en *mindfulness* consiste en la práctica de tomar consciencia de nosotros mismos, mediante la atención dirigida hacia el momento presente, con intención y sin juzgar (Kabat-Zinn, 1994). Un elemento principal de la técnica de *mindfulness* es la atención mantenida, la cual se asocia a la activación de áreas cerebrales relacionadas con la atención ejecutiva (Lu et al., 2014). Esto implica que la activación de la red neuronal atencional que se asocia a este ejercicio (la denominada red de tarea) correlaciona negativamente con la activación de la red neuronal por defecto. Específicamente, la activación de la corteza prefrontal ventromedial (vmPFC), característica de la red neuronal por defecto, correlaciona negativamente con las redes atencionales (Uddin, Clare Kelly, Biswal, Castellanos, & Milham, 2009). Además, la práctica de esta técnica, al contrario de la relacionada con el pensamiento introspectivo, sí es juzgada como agradable y vinculada a la limpieza de conciencia (Posner y Rothbart, 1998).

Por otro lado, contamos con varios estudios sobre la termografía aplicada a la psicología. Uno de ellos (Salazar et al., 2015), se focaliza en investigar un patrón termográfico de las emociones básicas, analizadas según su valencia y su nivel de activación, utilizando imágenes IASP. Los resultados obtenidos en este estudio muestran que los efectos que inducen las imágenes emocionales en la temperatura facial dependen de dos elementos básicos que interactúan. Por un lado, la valencia de la imagen, que produce un incremento de temperatura facial para emociones

positivas (ver una puesta de sol), y una bajada de la misma con emociones negativas (ver un anciano triste). Y, por otro lado, el nivel de activación asociado a cada emoción básica, que conlleva un incremento de la temperatura facial y manual para emociones de alta activación (ver una bonita escena visual o ver un cadáver mutilado), y un descenso para las de baja activación (ver una silla o a una persona con expresión neutra). Estos dos efectos interactúan: el efecto valencia sólo ocurre si la activación inducida por el estímulo es baja. El efecto de la activación elevada o arousal ocurre con independencia de la valencia. En general, los estudios termográficos muestran que la temperatura de la frente es muy estable y sólo cambia por activación del sistema nervioso central (estrés cognitivo, planificación, alta carga mental), mientras que la temperatura de la nariz es variable sobre todo en función de la activación del sistema nervioso autónomo, baja con la dominancia simpática (miedo, estrés, al mentir, al sentir culpa) y sube con la dominancia parasimpática en acciones como besar a quien amas, al abrazar o al mirar una foto romántica de tu amado (Cardone & Merla, 2017, Ioannou, Gallese, & Merla, 2014; Nhan & Chau, 2010; Panasiti et al., 2016; Salazar, 2012).

Lo interesante de estos estudios, es que nos proporcionan información que puede funcionar como marcador somático para emociones y sentimientos (Nhan & Chau, 2010; Salazar et al., 2015). Sin embargo, a día de hoy no existe ninguna investigación que muestre la relación entre cambios térmicos y la activación de la red neuronal por defecto, como al pensar en soledad, o la red de tarea, como al practicar *mindfulness*.

Por ello, en este estudio se pretende hacer uso de la termografía para confirmar o no, mediante medidas fisiológicas de la temperatura de la cara, las investigaciones previas que afirman que la condición de estar solo pensando es desagradable, mientras que la práctica de *mindfulness* es agradable, tanto a nivel subjetivo como fisiológico.

El objetivo de este estudio es analizar cómo afecta el tipo de condición atencional y el tiempo transcurrido en la misma, en la temperatura de las diferentes zonas de la cara y en el nivel de ansiedad que muestran los participantes.

Son varias las hipótesis de las que parte este estudio. Para la condición *mindfulness* esperamos una temperatura más elevada en la zona frontal derecha debida a un dominio de la actividad del hemisferio derecho, que reflejaría que los sujetos se encuentran atendiendo y sin estrés cognitivo (Germer & Siegel, 2012; Gómez-Milán & de Córdoba, 2014) y un descenso térmico en la hemifrente izquierda. Además de una menor activación fisiológica y, por tanto, un aumento térmico

facial al ser la experiencia agradable, especialmente en la nariz (Salazar et al., 2015). Así como una menor puntuación en ansiedad de estado durante el ejercicio.

Para la condición no hacer nada, esperamos activación de la red neuronal por defecto (Buckner et al., 2008; Greicius et al., 2009), que implicaría una mayor activación frontal, y se vería reflejado en una mayor temperatura general de la frente. También se espera una mayor activación fisiológica, con una respectiva subida térmica facial, pero especialmente en la nariz un descenso térmico por la dominancia simpática (Cardone & Merla, 2017; Panasiti et al., 2016; Salazar et al., 2015). Y una mayor puntuación en ansiedad estado, que confirmaría los anteriores estudios que muestran que esta condición es desagradable (Wilson et al., 2014).

Método

Participantes

Los datos recogidos en este estudio provienen de 20 participantes, estudiantes de logopedia en la Universidad de Granada. Estos fueron informados de que la temática del estudio llevado a cabo sería de “termografía”. La muestra consta de 12 mujeres y 8 hombres, de entre 18 y 29 años ($M = 20.5$, $SD = 3.1$). Los participantes fueron asignados de forma aleatoria para los dos grupos o condiciones experimentales: grupo no hacer nada y grupo *mindfulness*. Todos los participantes leyeron una breve descripción del experimento en el que iban a participar y, tras ello, dieron su conformidad firmando un documento de consentimiento informado. Posteriormente, cada participante contestó un test que contenía una serie de preguntas que garantizaban que el sujeto gozaba de buena salud y no estaba tomando ningún tipo de medicación o droga que pudiese interferir en el estudio. Como criterios de selección fijamos que no fuesen fumadores y que fuesen jóvenes y estuvieran sanos.

Materiales

Los estímulos utilizados en la investigación variaron según las dos condiciones experimentales: condición de no hacer nada y condición de *mindfulness*. La condición de no hacer nada se caracterizó precisamente por la ausencia de cualquier tipo de estimulación externa. Por otro lado, en la condición de *mindfulness* se hizo uso de un audio, reproducido mediante auriculares inalámbricos, en el que una voz guiaba el ejercicio de *mindfulness* con atención en la respiración (ver Anexo I).

Finalmente, se hizo uso del cuestionario STAI (Spielberger, 1982), que contestaban los participantes al inicio y final del experimento. Además de un cuestionario específico creado por los autores de este estudio en el que se registran algunos pensamientos y sentimientos que presentaban los participantes durante su condición experimental (ver Anexo II).

En el estudio se hizo uso de la ThermoVision A320G Researcher Infrared Camera. Se trata de una cámara termográfica cuya sensibilidad térmica es de 0.07–30°. La cámara fue colocada en un trípode de 110 cm sobre el suelo y a 60 cm de distancia de los participantes. Esta contaba con un enfoque automático que se utilizaba para enfocar la cara del participante. La señal se registraba en un ordenador portátil con el programa Researcher TermaCAMP 2.9 que permite un registro continuo de 8 disparos por segundo.

Las sesiones experimentales fueron llevadas a cabo en un laboratorio termográfico del Centro de Investigación Mente, Cerebro y Comportamiento (CIMCYC) que cumplía las recomendaciones sugeridas por Fernández-Cuevas et al. (2015) en su revisión sobre factores que pueden afectar a la termografía cuando se aplica en humanos. La temperatura de la habitación debe estar controlada y comprenderse entre 18 y 24°C ($M = 22^{\circ}\text{C}$ en nuestro caso). La humedad también es un factor a tener en cuenta ($M = 50\%$ en nuestra habitación).

Específicamente en la condición *mindfulness*, se hizo uso de unos auriculares conectados mediante *bluetooth* al ordenador portátil, en el que se reproducía el audio.

Procedimiento

Se trata de un diseño experimental 2 (Grupo: no hacer nada vs *mindfulness*) x 2 (Tiempo: minuto cero o línea base vs minuto quince o final de la sesión), siendo la variable dependiente (VD) principal la temperatura medida en °C.

La variable independiente uno (VI_1) es el grupo atencional al que son aleatoriamente asignados los participantes. Se trata de una variable entre-grupo con 2 niveles: no hacer nada, *mindfulness*. La VI_2 es el tiempo que transcurre. Esta variable es intra-grupo y consta de 2 niveles: termograma registrado en tiempo de línea base (tiempo cero o antes de empezar) y en tiempo final (tiempo 15 o tras terminar el ejercicio).

La VD_1 es la temperatura de la cara, medida en 6 regiones o ROI (por sus siglas en inglés: region of interest): punta de la nariz, mejillas, ojos, boca, frente derecha y frente izquierda. La VD_2 es la ansiedad-estado, la cual es medida mediante el cuestionario STAI.

El experimento fue llevado a cabo en una habitación cerrada sin ningún tipo de elemento distractor, que sólo contaba con un escritorio, una silla en la que permanecía sentado el participante y otra para el experimentador, un ordenador y la cámara termográfica. El procedimiento se llevó a cabo con la luz apagada en ambas condiciones.

Para un correcto uso de la cámara, se siguió el protocolo descrito por Ring & Ammer (2000), en el que se manifiesta la importancia de dejar un margen de 10 o 15 minutos para adaptar la temperatura corporal del participante a la temperatura de la habitación antes de empezar a grabar. De acuerdo con esto, en nuestro experimento, se pedía a los participantes que esperaran 10 minutos dentro de la misma habitación, mientras se recogían datos personales (nombre, edad, sexo), datos sobre algún tipo de bebida que pudiera afectar a su temperatura en ese momento (té, café, Coca-Cola u otros) y si había realizado deporte durante las últimas ocho horas. Seguidamente, el experimentador le explicaba al participante que iba a ser grabado por la cámara que se situaba en frente, y que por ello era necesario que tratara de no moverse demasiado y, en ningún caso, levantarse de la silla. Una vez recogida esta información y pasados los 10 minutos de calibrado, el procedimiento difería según la condición. Para la condición de no hacer nada, la única información que proporcionaba el experimentador era: “Ahora vuelvo, por favor es importante que no te muevas de la silla”. Para la condición *mindfulness*, el experimentador explicaba sobre qué trata el ejercicio de respiración, y en qué consiste el *mindfulness*, ya que todos los participantes ignoraban esta práctica. Finalmente, en esta condición, se les pedía que se colocaran adecuadamente los auriculares, justo antes de que el experimentador saliese de la sala. Los participantes escuchaban una reproducción en los auriculares de un ejercicio de *mindfulness* con atención en la respiración.

Las zonas relevantes para esta investigación fueron la frente (dividida en zona derecha e izquierda), las mejillas, la nariz y la boca; siguiendo las zonas destacadas por Mize & Myers (2011). Para garantizar que el registro de las zonas era consistente en todos los participantes, se siguió un mismo patrón para las zonas faciales de cada participante, aunque siempre adaptado a cada caso particular.

La cámara termográfica proporciona diferentes gamas de colores para el análisis de la temperatura. La gama utilizada fue la médica, ya que proporciona una visión más clara de los cambios en la temperatura.

Una vez el tiempo de 15 minutos había transcurrido para cada condición, el investigador retornaba y los participantes rellenaban de nuevo los cuestionarios.

Resultados

Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) para obtener resultados sobre la posible interacción entre nuestras variables independientes. Los resultados principales mostraron diferencias entre las dos condiciones con respecto a la ansiedad estado y a la temperatura final.

Por un lado, no hubo diferencia entre ambos grupos en ansiedad de rasgo [F (1,18)=1.41, $p>0.05$], 19 (6) y 21(7) para los grupos “no hacer nada” y “*mindfulness*” respectivamente. Tampoco hubo diferencias en ansiedad de estado inicial o de línea base, [F (1,18)=2.23, $p>0.05$], 9(5) y 10(6) respectivamente. Pero sí la hubo en ansiedad de estado final [F(1,18)=27.25, $p<0.001$], donde el grupo de *no hacer nada* mostró mayor puntuación, 23 (5) y 9(4). En la tabla 1 y tabla 2 se observan claras diferencias en los pensamientos y emociones que informan el grupo de *mindfulness* y el de no hacer nada.

	Sentimientos y emociones	Temática de los pensamientos	¿Positivos o negativos?	Descripción de la situación
1	Incómodo Con sueño	Recuerdos sobre ayer Asignaturas de la carrera Planes a hacer ahora	Negativos	Rara
2	Cansada Relajada Aburrida	Conversación anterior Planes para después, mañana, etc.	Normales, positivos	Extraña
3	Confusa Agobiada	Qué debía hacer, cuánto tiempo	Negativo	Distinta
4	Agobiada Aburrida	Examen, apuntes, deberes Planes y tareas mañana	Negativo	Bien
5	Con sueño Aburrida	Semana Santa Pareja Preocupaciones sobre si moverse o no	Negativo por la preocupación Positivo por las vacaciones	Rara
6	Con prisa Agobiada	Preocupación por prisa Planes futuros de trabajo Qué hice ayer Qué hacer de comer	Estresantes	Agobiante
7	Nerviosa Curiosa	Cámara Semana Santa	Positivo al principio y desagradables al final	Incómoda pero interesante
8	Aburrida	Qué hacer después Trabajos y exámenes Semana Santa	Unos agobiantes Otros positivos	Tranquila y cómoda
9	Dormida Aburrida	Viaje verano y comprar billetes	Positivos a la vez que desagradables	Situación de espera
10	Preocupada Triste, Ansiosa Inquieta, Nerviosa	Chico	Negativos	De reflexión, positiva y tranquila

Tabla 1. Pensamientos y sentimientos que dicen presentar los participantes durante los 15 minutos en la condición de no hacer nada.

	Sentimientos y emociones	Temática de los pensamientos	¿Positivos o negativos?	Descripción de la situación
1	Total relajación	Deberes Recuerdos agradables	Positivos y agradables En ocasiones estresantes	Sensación agradable
2	Tranquilidad Mucha paz interior	Naturaleza Mente Consciencia de cuerpo y respiración	Muy positivos y agradables	Confortable, segura y tranquila
3	Relajada Tranquila conmigo misma	Nada A veces, planes qué hacer después	Positivos	Muy satisfactoria y relajante
4	Alegría Calma y tranquilidad Cansancio mental	Desconectar Relajación Oscuridad de la sala Día de hoy	Positivos	Situación de tranquilidad
5	Relajación Emoción neutra	Planes futuros	Positivos y agradables	Relajada y amena
6	Relajación Tranquilidad	Respiración y relajación Día de hoy Planes para después	Positivos	Situación de relajación y tranquilidad
7	Atención y consciencia Concentración y seguridad Relajación	Aquí y ahora Casi ninguno	Positivos y muy agradables	Situación de libertad
8	Relajación Después agobio	Planes Miedo a perder la cabeza	Positivos y agradables	Relajada
9	A gusto Relajada	Solo relajación y respiración A veces, planes qué hacer después	Positivos y agradables	Experiencia positiva
10	Relajada A gusto	Nada Planes	Positivos	Situación positiva

Tabla 2. Pensamientos y sentimientos que dicen presentar los participantes durante los 15 minutos en la condición de *mindfulness*.

Respecto a la temperatura global de la cara (nariz y frente), la interacción entre las variables grupo y tiempo fue significativa, $F(1,18) = 12.87$, $p < 0.001$, sobre todo para la nariz, $F(1,18) = 16.55$, $p < 0.001$. La diferencia que se encuentra en la cara (en la nariz) entre el grupo de *mindfulness* y el grupo de no hacer nada en el minuto quince, fue significativa [$F(1,18) = 15.05$, $p < 0.001$].

Por otro lado, la diferencia térmica en la cara entre minuto cero y minuto quince para el grupo de *mindfulness* fue significativa para la nariz [$F(1,18) = 5.18$, $p < 0.05$] y para la frente [$F(1,18) = 4.89$, $p < 0.05$]. Observamos una subida de la temperatura en esta condición, sobre todo en

la zona de la nariz y de la frente. De 30.6 (0.80)°C en tiempo cero a 31.8 (1.1) °C para la nariz en tiempo quince. Fijádonos ahora en la frente, la subida fue de 35.4 (0.97)°C a 37.1 (0.62)°C.

La diferencia de temperatura en la cara entre minuto cero y minuto quince para el grupo no hacer nada también fue significativa [F(1,18)=8.42, $p < 0.009$] en nariz y en frente [F(1,18)=5.42, $p < 0.05$]. En esta condición se observó una bajada de la temperatura, especialmente en la zona de la nariz y de la frente. Descendió de 31.3 (0.89)°C en minuto cero a 30.6 (0.94) °C en minuto quince para la nariz. Mientras que el descenso fue de 36.3 (0.54)°C a 35.4 (0.85)°C para la frente (ver figuras 1 y 2).

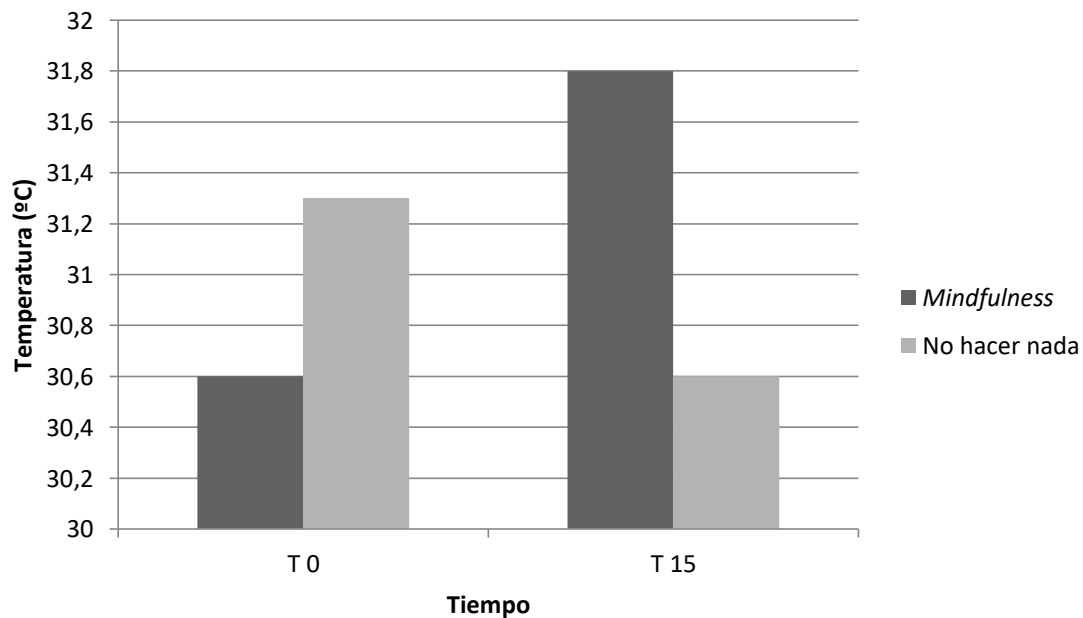


Figura 1. Representación de la temperatura de la nariz para ambas condiciones (*mindfulness* y no hacer nada) en el minuto 0 (T 0) y en el minuto 15 (T 15).

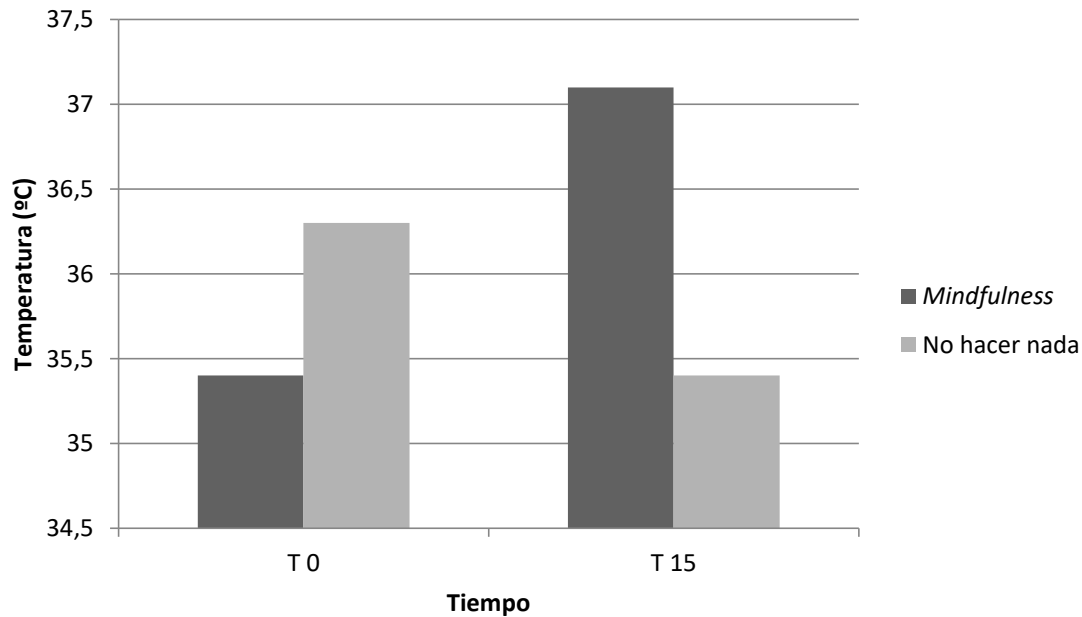


Figura 2. Datos de temperatura (°C) de la frente para ambas condiciones (*Mindfulness* y no hacer nada) al principio (T0) y al final de la sesión (T15).

Discusión y conclusiones

Este estudio muestra, tanto fisiológica como subjetivamente, que la condición de no hacer nada resulta desagradable, mientras que la condición de *mindfulness* se experimenta como agradable.

Por un lado, en la condición no hacer nada obtenemos un descenso general de la temperatura, que se hace más evidente en la nariz y en la frente. Justo lo opuesto que se encuentra en la condición *mindfulness*, en la que se observa un aumento de la temperatura general, especialmente en la nariz y en la frente. Este resultado contrapuesto se puede interpretar como una muestra más de que ambas tareas, que representan la actividad de la red neuronal por defecto y la red de tarea atencional, correlacionan negativamente (Uddin et al., 2009) o son opuestas. Además, el descenso de temperatura nasal que se observa en la condición de no hacer nada parece ser consecuencia de un arousal bajo y negativo (Navarro, 2002; Salazar et al., 2015), que implicaría baja activación periférica pero con el nerviosismo latente que conlleva esta situación desagradable. Se trataría de un efecto de valencia negativa en condiciones de bajo arousal como el descrito en el experimento 1 de Salazar et al. (2015) o en condiciones de culpa o mentira (Ioannou et al., 2014). Esto es contrario al aumento de temperatura nasal en *mindfulness*, que se relacionaría con un

dominio parasimpático, asociado a esa relajación y tranquilidad descrita por todos los participantes (ver tabla 2). Esto es, se trataría de un efecto de valencia positiva en condiciones de bajo arousal (Salazar et al., 2015). Además este resultado es acorde con la idea defendida por estudios previos (Cardone & Merla, 2017; Panasiti et al., 2016) que afirman que la dominancia parasimpática se asocia a subida térmica específica de la nariz.

Más difícil es interpretar la subida de la temperatura de la frente en la condición “*mindfulness*”, que se puede vincular a la carga cognitiva o al esfuerzo atencional, pero unos estudios encuentran subida y otros bajada térmica de la frente con la carga cognitiva (Salazar, 2012). No obstante, se suele vincular la subida térmica frontal con estrés cognitivo (Cardone & Merla, 2017; Panasiti et al., 2016), por lo que es difícil de interpretar en este contexto.

No obstante, de otro lado, el hecho de que en la condición de *mindfulness* se encontrase un aumento en la temperatura de la frente, es acorde a lo que se esperaba en nuestra hipótesis inicial, mayor activación frontal derecha. De acuerdo con un estudio previo (Dickenson, Berkman, Arch, & Lieberman, 2013), este resultado no parece apoyar que la atención plena se identifique como mente libre de pensamiento, o al menos de carga cognitiva o de estrés cognitivo. En dicho estudio disminuye significativamente la actividad de la corteza prefrontal medial (mPFC) durante la tarea de atención focalizada. Lo cual además es consistente con las declaraciones de pensamiento de los participantes, en la que gran parte de ellos exponen no tener pensamientos en general. De igual modo, el descenso térmico frontal en la condición no hacer nada es difícil de interpretar como estrés cognitivo (que como hemos dicho suele implicar subida térmica).

Hubiese sido más fácil de interpretar un patrón térmico facial caracterizado por descenso térmico de nariz y subida en frente para la condición no hacer nada (con dominancia simpática y estrés cognitivo) y subida nasal con descenso térmico en la frente para la condición de atención plena (dominancia parasimpática y mente libre de pensamiento). Si identificamos los cambios térmicos de la nariz con la activación del sistema nervioso autónomo, nuestras hipótesis se cumplen. Si identificamos los cambios térmicos de la frente con la activación del sistema nervioso central y los procesos de pensamiento, entonces no hay pensamiento en la condición no hacer nada y sí hay dirección o planificación en *mindfulness*.

Finalmente, los resultados obtenidos mediante las puntuaciones del cuestionario STAI, y los testimonios de los participantes mostrados en las tablas 1 y 2, muestran un aumento subjetivo de la ansiedad-estado en el grupo de no hacer nada, que además no se observa en el grupo de *mindfulness*. De hecho, resulta bastante impactante el hecho de que más de la mitad de los

participantes de la condición no hacer nada calificara como aburrida la situación. Lo cual se hace incluso más llamativo cuando se compara con los datos de la tabla 2 de *mindfulness*, en la que la situación es descrita por todos los participantes como “relajante” y/o “tranquila”.

Una de las principales limitaciones de este estudio es la muestra tan pequeña (de 20 participantes) con la que se cuenta, además de la poca representatividad de la misma, ya que todos los participantes eran jóvenes y estudiantes de logopedia.

Una posible extensión de esta investigación podría ser una búsqueda de la relación entre la condición no hacer nada y el trastorno de ansiedad generalizada. Es de suponer que en estos pacientes encontraríamos mayores cambios térmicos que en los participantes control, después de haber pasado por esta condición. Además, podría ser interesante observar las posibles diferencias de temperatura entre ambos grupos, teniendo en cuenta esa posible diferencia de ansiedad subjetiva. Por otro lado, si estas diferencias resultaran significativas, podría proponerse la técnica de *mindfulness* como terapia para este trastorno. Esta idea no es nueva en el campo de la psicología, ya que esta técnica se ha propuesto anteriormente como herramienta para el tratamiento tanto de la ansiedad, como de la depresión o del trastorno límite de personalidad (Hoge et al., 2015; Simón, 2007).

ANEXO I. Ejercicio de *mindfulness* con atención en la respiración

Para empezar, trata de buscar la postura en la que más cómoda te sientas. El elemento clave es mantener la espalda recta, pero no rígida.

Podemos optar por separar la espalda del respaldo para que ésta se aguante sola. Colocando los pies relajados sobre el suelo, y permitiendo que las manos encuentren un apoyo estable.

Relajamos los hombros.

Podemos permanecer con los ojos abiertos, o cerrados suavemente para impedir distracciones externas.

Encontramos una posición equilibrada, relajada y sólida, que permita a la mente introducirse profundamente en el proceso de meditación.

Empezamos por hacernos presentes en nuestro cuerpo, en este lugar, en el momento presente, en el aquí y el ahora.

Llevamos la atención a la nariz. Y sentimos como el aire entra y sale por los orificios nasales. Como entra el aire fresco y seco. Como sale más húmedo y caliente.

Observamos como el aire entra y sale por la nariz.

Llevamos la atención al pecho y notamos como sube y baja con nuestra respiración. Sentimos como sube al inspirar y baja al espirar.

A continuación llevamos la atención a los pulmones. Y sentimos las sensaciones internas cuando se llenan de aire y cuando sale el aire. Sentimos como los pulmones se ensanchan y se estrechan.

Dejamos que la conciencia se llene de las sensaciones de los pulmones al inspirar y al espirar.

Ahora llevamos la atención al abdomen. Observamos como el abdomen sube y baja suavemente al respirar. Podemos poner las manos sobre el abdomen para sentir como sube y baja suavemente. Si notas que la mente se distrae, sin juzgar, la llevamos de nuevo al abdomen. Notamos como sube el abdomen cuando entra el aire y como baja cuando sale el aire.

Dejamos que la consciencia se llene con las sensaciones internas del abdomen.

Ahora llevamos la atención a la respiración completa. Sentimos como entra por la nariz, baja por los pulmones y el pecho, hasta el abdomen. Notamos como sale el aire subiendo del abdomen al pecho, los pulmones, hasta que sale por la nariz.

Cada vez que la mente se distrae nos alegramos de haber sido conscientes de la distracción. Sin juicio. Se trata de tomar conciencia de la naturaleza del proceso mental. Y su naturaleza es pensar. Se trata de observar las distracciones mentales y llevar la atención de vuelta a la respiración.

Cada vez que nos hacemos conscientes de la distracción, la volvemos a llevar de vuelta a la respiración.

Podemos imaginar que los pensamientos son como pájaros en el cielo que vienen y se van. Observamos esos pájaros, que no están dentro de nuestra cabeza. Los observamos y vemos como vienen y se van.

Cada vez que nos damos cuenta de una distracción, lo observamos sin juzgar, nos felicitamos por haber sido conscientes, y llevamos otra vez la atención a la respiración.

Sentimos como entra el aire frío y seco, y como sale el aire más caliente y húmedo. Notamos como el aire baja a los pulmones. Como sube y baja el pecho. Como sube y baja el abdomen.

Sentimos como nuestro cuerpo se llena de oxígeno, y como nutre todas las células del cuerpo.

Respiramos de manera natural, sin tratar de manipular de ningún modo la respiración. Seamos sencillamente conscientes del vaivén de la respiración.

A continuación habrá unos momentos de silencio. Oiremos cada cierto tiempo el sonido de una campana. Este sonido nos ayudara a darnos cuenta de las distracciones mentales. Es como recordatorio para estar conscientes de nuestros pensamientos y observar el proceso en vez de estar involucrado en el contenido.

Sonido de la campana: 30 seg – 1 min – 1min – 1 min.

Ahora realizaremos una respiración profunda.

Cuando nos sentimos preparados movemos las manos, los pies.

Nos estiramos suavemente. Y abrimos los ojos poco a poco.

ANEXO II. Cuestionario de Pensamientos y Sentimientos

Seguidamente, le presentamos una serie de preguntas abiertas. Por favor, conteste con el mayor detalle y sinceridad posible, ya que los datos son totalmente confidenciales y anónimos. No existen respuestas correctas o incorrectas en este cuestionario.

¿Cuáles han sido tus sentimientos y emociones durante el tiempo que has pasado en la sala?

¿Qué pensamientos han pasado por tu cabeza durante dicho tiempo? Escribe todos los que puedas recordar o la temática de estos.

¿Consideras estos pensamientos como positivos o como negativos? ¿Han sido agradables o desagradables? ¿Por qué?

¿Cómo describirías en general la situación en la que te has encontrado?

¿Realizas o has realizado meditación, *mindfulness* o alguna disciplina similar? Si es así, especifica cuál.

CAPÍTULO 4.

Estudio 2: EL EFECTO PINOCHO:

The Pinocchio Effect and the Cold Stress Test: Lies and Thermography

Versión pre-publicación de:

Moliné, A., Gálvez-García, G., Fernández-Gómez, J., De la Fuente, J., Iborra, O., Tornay, F., Mata Martín, J. L., Puertollano, M., and Gómez Milán, E. (aceptado) The Pinocchio Effect and the Cold Stress Test: Lies and Thermography. *Psychophysiology*.

Abstract

We applied the use of thermography to cognitive neuropsychology, particularly, as an objective marker of subjective experiences, in the context of lying. We conducted three experiments: 1) an important lie was invented by the participants in three minutes, and it was recounted by phone to a significant person while they were recorded by the thermographic camera; obtaining a face and hands map of the lie. 2) A similar methodology was carried out, but adding the Cold Stress Test (CST) of the dominant hand during the phone call, obtaining a second physiologic marker (the percentage of thermal recovery) to detect the lie. Further, it established a control condition where it generated anxiety to the participants using the IAPS images with negative valence and high arousal, which should be described by phone to a loved one. We obtained results that showed significant correlations between changes in body temperature and mental set. Of particular interest was the temperature of the nose and hand, which tended to decrease during lying (exp. 1). The participants showed also a lower recovery of the temperature after the CST when they were lying (exp. 2). 3) Experiment 3 is a replication of experiment 2 but with a different type of lie (more ecological task) in a different scenario (following the ACID interview, with the use of the phone eliminated and participants motivated to lie well): The main pattern of results was replicated. We obtained an accuracy of 85% in detection of deception with 25% of false alarms.

Keywords: Thermography, detection of deception, Pinocchio Effect, cold stress test.

1. Introduction

Many studies have sought to discover common behaviours when a person is lying. However, taken together, the research suggests there is no single behaviour or behaviours that, across all people or in all situations, guarantee that a person is lying. But there is evidence in the face and voice that someone is lying, particularly in high-stake lies in which the liar faces benefits for successful lying and punishment for unsuccessful lying (DePaulo et al., 2003; Ekman, 2001). For example, research has shown facial expressions of fear, distress, and disgust distinguish liars and truth-tellers at over 76% accuracy (Frank & Ekman, 1997); when voice measures are added, this accuracy rises to 86.5% (Ekman, O'Sullivan, Friesen, & Scherer, 1991). The detection of lies with high accuracy and low false alarm rate is of vital importance in the fight against crime. At the same time as it could avoid accusing the innocent. Human lie-detection experts offer an average accuracy slightly above the level of chance, about 54% (Colwell, Miller, Lyons, & Miller, 2006). There are multiple devices for the detection of lies (Greely & Illes, 2007; Pollina & Ryan, 2002; Tsiamyrtzis et al., 2007), the best known being the polygraph, which offers an acceptable accuracy but also presents a series of problems (especially presenting a high rate of false alarm and being an invasive technique) (Wolpe, Foster, & Langleben, 2010).

The use of modern thermographic cameras for the detection of lies is recent (Pavlidis, Eberhardt, & Levine, 2002; Pollina & Ryan, 2002). Thermography and polygraph both focus on lying as a negative experience that produces stress on the liar (Engert et al., 2014; Panasiti et al., 2016; Pavlidis, Levine, & Baukol, 2000). Thermography's main advantage over the polygraph is that it is a contact-free technology recording the response of the autonomic nervous system. The average accuracy of lie detection with a thermal camera is 70%, but may range between 70% and 90% depending on the experimental scenario of lying (Gołaszewski, Zajac, & Widacki, 2015; Pollina et al., 2006). Its false alarm rate is also variable, between 20% and 50% (Abouelenien, Pérez-Rosas, Burzo, & Mihalcea, 2016; Warmelink et al., 2011). Moreover, accuracy in lie and truth detection with thermography does not seem to benefit clearly from the complementary or joint use with other lie detection techniques, such as physiological measures or analysis of verbal behavior (Abouelenien et al., 2016; Pollina & Ryan, 2002).

In general, the thermographic detection of lies has focused on the study of thermal changes in the face (Abouelenien et al., 2016; Gołaszewski et al., 2015; Warmelink et al., 2011). However, different authors have focused on different parts of the face or region of interest (ROI) as a key factor to detect the lie by its thermal change: On the periorbital area (Rajoub & Zwiggeelaar, 2014; Shastri, Tsiamyrtzis, & Pavlidis, 2008); on the forehead (Zhu, Tsiamyrtzis, & Pavlidis, 2007); and on the nose (Panasiti et al., 2016). The rise in temperature in the forehead, the periorbital area, or

the face in general has been associated with an arousal effect (Salazar-López et al., 2015). The thermal descent of the nose is linked to a greater sympathetic activation associated with fear, stress, lying, or guilt (Ioannou et al., 2013; Ioannou, Gallese, & Merla, 2014; Panasiti et al., 2016).

According to Panasiti et al. (2016), most experimental situations were artificial or non ecological, so that they present the opportunity to lie in the context of a card game that they consider an ecological task, although they use few participants and do not indicate the rate of success and false alarms. They found an increased nose temperature for liars. However, a card game is a task of little use to capture suspects in relevant real situations linked to a crime committed or planning a terrorist act. We think that in addition to looking for an ecological, real, and appropriate task to fight crime, other parts of the body may be relevant to construct the body map of the lie like the hands or torso, whose record can help to differentiate the stress of the lie. In pilot studies, we have found lying decreases the temperature of the nose and hands, regions studied in relation to stress by Pavlidis et al. (2012). In addition to registering the face, we will register the hands. Finally, we think that although they are not completely equal, the thermal map of the lie can be potentiated under stress, given the correlation of the lie with the cognitive load (Colwell, Hiscock-Anisman, Memom, Taylor, & Prewett, 2007), so we are going to add to the scenario of the lie a situation of stress outside the lie, of a physical or social type (Engert et al., 2014), and we will also study the impact of the interview style, using the Assignment Criteria Indicative of Deception (ACID) by Colwell et al. (2007).

2. EXPERIMENT 1: Thermal Effect on the Face and Hand while Lying:

The Pinocchio Effect

Pavlidis et al. (2002) have discovered in their laboratory studies that subjects submitted to a stressful situation show an infusion or accumulation of blood in the orbital muscle zone that causes an elevation of temperature in that area. The region of interest (ROI) is situated at the internal corner of the eye, where the blood vessels of the ophthalmic muscles converge. However, recently Panasiti et al. (2016) showed that the tip of the nose can be the most appropriate region of interest as the thermal change associated with lying is a rise in the nasal temperature (associated with sympathetic deactivation) and not a decrease of it, which would be the trait associated with the stress response. It is possible to differentiate both responses. If we discover thermography to be useful in lie detection, and with a special role of the nose, we could refer to it as “the Pinocchio effect” in honor of Walt Disney’s animation and the story by Carlo Collodi.

2.1 Method

Participants

Participants in this study consisted of 20 psychology students at the University of Granada (10 male and 10 female, aged between 18 to 26 years old). We asked all interested participants to read a brief description of this research project and provide written informed consent. After that, each participant answered a series of medical and biographical items to ensure they were in good health and not taking medication or drugs that could interfere with the examination results. Our criteria for the selection of participants were non smokers, young, and healthy. The local Research Ethics Committee of CIMCYC of Granada University approved this research.

Equipment

We used the ThermoVision A320G Researcher Infrared Camera, which has a potential sensitivity of 0.07 – 30°C of difference between successive readings. The camera was placed on a tripod 110 cm above the floor and 60 cm from the subjects. The height was adjusted to capture the subject's whole body, only the upper body, or only the face, in frontal and lateral views, depending on the ROI required. The camera had automatic focus that was always employed to focus the image recording. The signal was recorded on a laptop with the program Researcher TermaCAMP 2.9 that allows continuous recording at eight frames per second.

Procedure and settings

The experiment took place in a tested thermographic laboratory (Fernández-Cuevas et al., 2015) of CIMCYC. The experiment was carried out in a closed room of about 40 m², with a changing room next to it. The thermographic camera, the computer, and the experimenter were positioned in the middle of the room, facing the subject. The protocol for measuring with thermographic cameras (Ring & Ammer, 2000) demands specific preparation to obtain proper recordings. The area of the skin to be recorded must not be covered by any material. In this way, thermography is able to capture images that accurately reflect the temperature. Subjects must be at rest for between 10 and 15 minutes to adapt to room temperature before recording the temperature of the skin, which must be between 18 and 24°C ($M = 22^{\circ}\text{C}$ in our case). The humidity also has to be controlled ($M = 50\%$ in our case). According to the procedure, when participants entered the room they were required to remain seated for 10 minutes on a stool in the changing room adjacent to the studio. After this, the participant entered the studio and received instructions similar to the following: “We are now going to record your face while performing different exercises or tasks...

First, a static image at rest will be recorded and then we will indicate the nature of the tasks to be performed.”

Each participant was recorded in the Baseline (BL) shot, which shows an initial thermogram of the whole face and, after that, one more time during the task performance, and the last one after performing the task. To ensure higher quality in the ROIs, the whole sequence of movements comprising each experiment was recorded with thermography. The relevant ROIs for this project are the entire forehead, capturing both the left and the right side, and the tip of the nose, the best delimited ROI in previous studies. In addition, three regions were recorded: The eye region (area of the orbital-ocular muscle), the mouth region and the cheeks, in line with the protocol for delimiting the ROIs of Mize and Myers (2011) and Salazar-López et al. (2015). To guarantee consistent recording of ROIs, we applied the same polygon size for each facial region in all thermograms for each participant, but adapted to each participant’s particular face configuration. All participants were their own control for their ROIs; therefore, all participants were recorded in exactly the same position during all tasks, seated in a stool of variable height. Two researchers who were blind about the purpose of the study and independent of each other, instructed in the size, shape, and position of the ROIs, manually performed the segmentation and data collection (mean, standard deviation, maximum and minimum for each ROI) to ensure the repeatability and standardisation of the ROIs. Statistical analyses were performed independently by other two researchers, each one working with one of the two data files and on the different descriptive statistics, obtaining the same general pattern of results.

In the lying task, twenty participants were asked to come to the lab after being told that they were to participate in a ‘top secret’ research study, about which they should tell no one including their family, close friends, or partner. Once participants were situated in the thermography room and after the adaptation period, they were told that they would have three minutes to create an important alibi, and that they should fabricate a lie to tell to a significant person, like best friend or partner of theirs, whom they would call with his or her own phone after the three minutes had passed. Their goal was to convince their friends or partner that the lie they were telling was true, but they were not to tell the actual truth (i.e. I am in a top secret experiment). The participants were motivated to be as convincing as possible and to create a lie that would have importance and relevance for both of them. Before and after the call, we measured participant’s anxiety level with the Spanish version of the State–Trait Anxiety Inventory (STAI; Spielberger, Gorsuch, & Lushene, 1970/1982).

2.2 Results

The intercoders (of ROIs) reliability (Pearson correlation) was .95, $p < .001$. Throughout the act of lying to a loved one by a phone call, the nose temperature decreased 0.7°C on average, $F(1, 19) = 9.02$, $p < .01$ (from 29.60°C to 28.90°C), and the hands temperature decreased more than 1°C , $F(1, 19) = 18.32$, $p < .01$ (from 27.20°C to 26.10°C). There were no significant changes in other face areas. The hand area appreciated in the recordings, and in which there were observed thermal changes, were the fingers and the ulnar edge of the hand as well as the inner palm. The level of state anxiety measured just after the phone call was 35.1 (8.2) and it was 24.0 (7.3) ten minutes before the phone call, the difference being significant, $t = 3.55$, $p < .01$.

Of the 20 participants who performed version one of the lying task, during the act of lying to a significant person with the mobile, 14 showed a decrease in nasal temperature of $1.1 (0.5)^{\circ}\text{C}$, $t = 5.65$, $p < .01$; three showed an increase of $0.9 (0.4)^{\circ}\text{C}$ in the temperature of the nose, $t = 3.87$, $p < .01$. The rest of participants did not show significant thermal changes, which leads to 70% of the participants showing the Pinocchio effect.

2.3 Discussion

This initial experiment has presented a change in the nose temperature when a person is lying, while the temperature maintained constant in the forehead. During the act of lying, it appears a thermal decrease in the hands and the nose around 1°C , possibly due to the sympathetic nervous system activation and the arterial vasoconstriction, caused either by the lie or by the anxiety that lying implies. In summary, the Pinocchio effect exists, even though it is not known whether it is specific of the lie or a consequence of the anxiety caused by lying. One of our immediate interests is to dissociate the lying detection using the thermography of the anxiety thermal effect. Seventy percent of persons present a nose and hand thermal decrease.

It is possible that part of the Pinocchio effect is due to the situation of maintaining a quotidian conversation by mobile phone. Some research presents a temperature change on the ears and the cheeks when a person is maintaining a phone conversation, but not on the nose nor on the hands (Lahiri, Bagavathiappan, Soumya, Jayakumar, & Philip, 2015). Furthermore, to control this interference, we include a control condition in the second experiment, where participants are required to use the mobile phone. Similarly, the data could be the result of the anxiety felt by the participant when lying. To prove whether this is the cause of the thermal change, we will elicit in a new control condition a level of anxiety similar to the one produced by lying.

3. EXPERIMENT 2: Applying the Cold Stress Test to “The Pinocchio effect”

Ioannou et al. (2014) suggest that in thermography it is adequate to use a control condition with a mental set opposed to the experimental condition, instead of a baseline in a rest period. Our control condition in the following experiment will use the mobile phone and so have a similar level of anxiety and an opposed mental disposition (truth-telling condition). In this second experiment, it is included the Cold Stress Test (Antonio-Rubio et al., 2015; Lovallo, 1975), which activates the autonomic nervous system. Thus, we expect to potentiate the Pinocchio effect, considering that homeostasis processes will be originated (thermal recovery after the vasoconstriction due to the immersion in cold water), as it is defended by Ioannou et al. (2014), who affirm that it is more appropriate to use a baseline condition where emotions are generated in the participant (in this case pain or stress). They rely on the statement that the autonomic nervous system runs on two interlinked opposing subdivisions. Therefore, we expect to potentiate the discriminatory potential of thermography in lying detection.

3.1 Method

Participants

Thirty-one (24 female, 21.5 average, range 18-36) undergraduate students volunteered to take part in this study. They received course credit for their participation. All participants signed a consent form and were informed of the method. We also obtained ethical permission from our research group (SEJ-497) in CIMCYC for this research. All participants reported an absence of cerebral damage and there was no clinical evidence of drug abuse during the course of the study. Additionally, no participants reported a mental disorder. Our criteria for participants selection was the same as in experiment 1.

Equipment

The same as experiment 1, adding a cube with cold water to apply the Cold Stress Test.

Procedure and settings

This experiment was carried out in the same room as in Experiment 1, fulfilling the new measurement protocol with thermographic camera. The room conditions were the same, maintaining intact the temperature, the humidity, and the waiting time before beginning the task. The instructions were explained to the participant and immediately we recorded a baseline, including not just the face, but also the hand temperature, both in the palm and in the back.

In this case, we recorded two ROIs principally: The tip of the nose and the tip of the finger of the dominant hand (dorsal part). The ROI was the dorsal part of the third finger, specifically the

distal phalanx (Antonio-Rubio et al., 2015). We follow the same protocol as in Experiment 1 to ensure the repeatability and standardisation of the ROIs.

The CST consists of immersing the naked dominant hand (without wearing gloves) in a bucket of cold water (3 ± 1 °C) for two minutes. Subsequently, we recorded the thermal recovery of the hand during six minutes, exactly as it has been done in previous research (Antonio-Rubio et al., 2015; Bharara, Viswanathan, & Cobb, 2008; Chlebicka, Matusiak, Baran, & Szepletowski, 2012; Lovallo, 1975; Pauling, Flower, Shipley, Harris, & McHugh, 2011; Stefańczyk, Woźniakowski, Pietrzak, Majos, & Grzelak, 2007). See Figure 1.

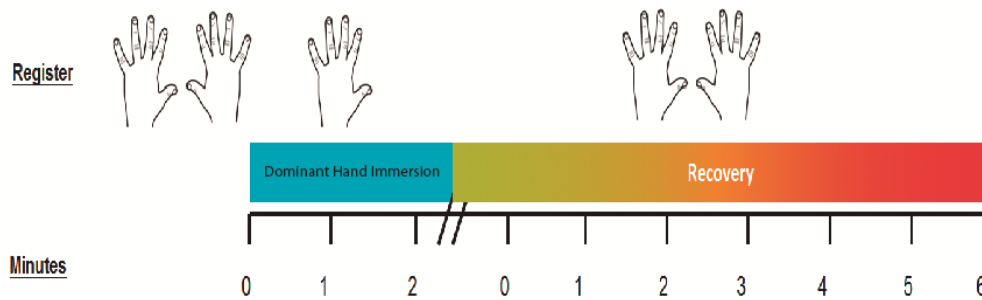


Figure 1. A scheme of the cold stress test conditions.

Our main hypothesis is that lying, due to the Pinocchio effect (experiment 1), generates vasoconstriction in both the hand and the nose; and therefore it will increase the time needed for the thermal recovery of the hand after applying the CST in relation to the baseline condition, and there will be no rebound thermal effect, habitual for the nose (this rebound effect consists on an increase of the face temperature after the CST over its baseline or temperature previous to the immersion (Engert et al., 2014)). For the truth-telling condition (see below), we expect the thermal recovery not to be affected, if the Pinocchio effect is not due to the anxiety level involved. In the opposite case, since in the truth-telling condition it caused a similar level of anxiety than in the lying condition, we expect also a lower thermal recovery than in the baseline condition.

Experimental condition: “Lying”

We informed the participants they were participating in a study denominated ‘top secret’ (the same as experiment 1). When the three minutes to elaborate an important lie were finished, we applied the CST, asking the participant to immerse the dominant hand, up to the wrist, in the bucket of cold water for two minutes. Finally, when the two minutes of this immersion were finished, the participants should call by mobile phone the chosen person to tell them the lie they had constructed. This phone call should last six minutes, the same duration that is applied frequently in the CST to

measure the thermal recovery of the hand. The participant should hold the mobile phone with the non dominant hand, and show to the thermographic camera the dorsal dominant hand, with the objective of recording the thermal recovery. Before the phone call and when it was finished, the participants proceeded to complete the STAI test to obtain a measure of the anxiety felt by the participant after the phone call. The participants who either were not believed by the interlocutor, executed the lie in a bad way (with laughs, doubts, or long silences, for example) or whose phone call did not reach the six minutes, were eliminated from the research data.

Control condition 1: “Truth-telling”

Traditionally, the rest condition of the participant has been taken as a baseline condition. In the case with the CST, the baseline condition of thermal recovery would be to carry out this task without calling anyone or viewing the images. We decided to use the opposite condition (truth-telling) as the control one; following Ioannou et al. (2014), who affirm it is better to use, as a baseline condition, a condition an emotion (or mental set) is generated opposed to the one measured.

In the control condition, the participants should fulfil the waiting time in the experimental room, as in the other conditions. Then, we applied the CST (as we have described in the previous condition). After that, the participant should call an important person to them and describe down to the last detail the images that were appearing automatically on the screen, with duration of 30 seconds each one for six minutes. These images were selected from the IAPS battery; specifically, we selected the negative valence and high arousal images used by Salazar-López et al. (2015) in her experiment 1 (Set 4). For instance, we selected images of cadavers, mutilated bodies and violent acts (numbers 1525, 9265, 3015 and 9433), whose average and standard deviation were 1.70 (1.10) for the valence dimension, and 7.35 (1.80) for the arousal dimension. They produced a state anxiety of 32.97 after observing these images in our pilot study, and similar results of state anxiety in other studies where it has been used (Limonero, Fernández-Castro, Soler-Oritja, Álvarez-Moleiro, 2015; Pacheco-Unguetti, Acosta, Callejas, & Lupiañez, 2010). The objective would be to compare the thermogram of the participant when telling the truth and when lying, under a similar level of anxiety in both cases, as it will be confirmed with the state scale of the STAI before and after the phone call. This permits us to confirm that, in the case that there is a different thermal recovery in the lying condition, it can be attributed neither to an anxiety effect, nor to the mobile phone use.

Control condition 2: “Base line”

We also used as control condition 2 the thermal recovery of the participants after the CST without calling anyone or viewing the images, or experiencing more anxiety than generated by the CST. In this last condition, after the waiting time in the experimental room, we applied the CST. First, the participant immersed in cold water the dominant hand for two minutes, and then the dorsal part of both hands was recorded during six minutes.

In summary, the participants attended the laboratory in three occasions: The lying session, by phone call after CST; the truth-telling session or control condition, describing the disagreeable images by phone call after CST; and the CST session or baseline, where participants should neither lie, nor call, nor view the images. The order of these three sessions was random for each participant. Each session was separated from the following by a minimum of three days. Before and after each session, the state-anxiety was measured using the STAI.

3.2 Results

Table 1 shows the type of lies invented and towards whom they are directed.

<i>Lie content</i>	<i>Receiver</i>
I want to abandon my university study.	Mother / Father
I have failed my last exam.	Mother / Father
I have met again my ex-boyfriend.	Friend
I have had a car accident while arriving to the faculty.	Father
We are moving to France, my mother has been offered a job there.	Friend
I have missed the deadline for paying the registration fee, so I am not allowed to do the exams.	Friend
I have argued with a flatmate, so I am moving to another flat.	Mother
My change purse has been stolen in the supermarket.	Friend
My teacher has ejected me from the classroom.	Friend
I have been injured, so I cannot play in the next football match.	Friend
My jacket has been stolen at the faculty’s cafeteria.	Father

Table 1. Model of the lies from the experiments 1 and 2.

The percentage of people rejected for not following the instructions was 20.5 % (8 out of 39 participants were eliminated). The intercoders of ROIs reliability was .84, $p < .001$.

Regarding the tip of the finger, we observe a drastic decrease of its temperature from around 28°C to 14°C after applying the CST in every condition, due to the cold. After that, concerning the thermal recovery of the hand, we observe it was slower when the participant is lying (it reaches 18°C in six minutes), while it increased up to 21.75°C when the participant is either telling the truth (truth-telling condition) or doing nothing (baseline).

The interaction Condition x Time was significant for the finger, $F(8, 240) = 3.73, p < .0004$. See Figure 2.

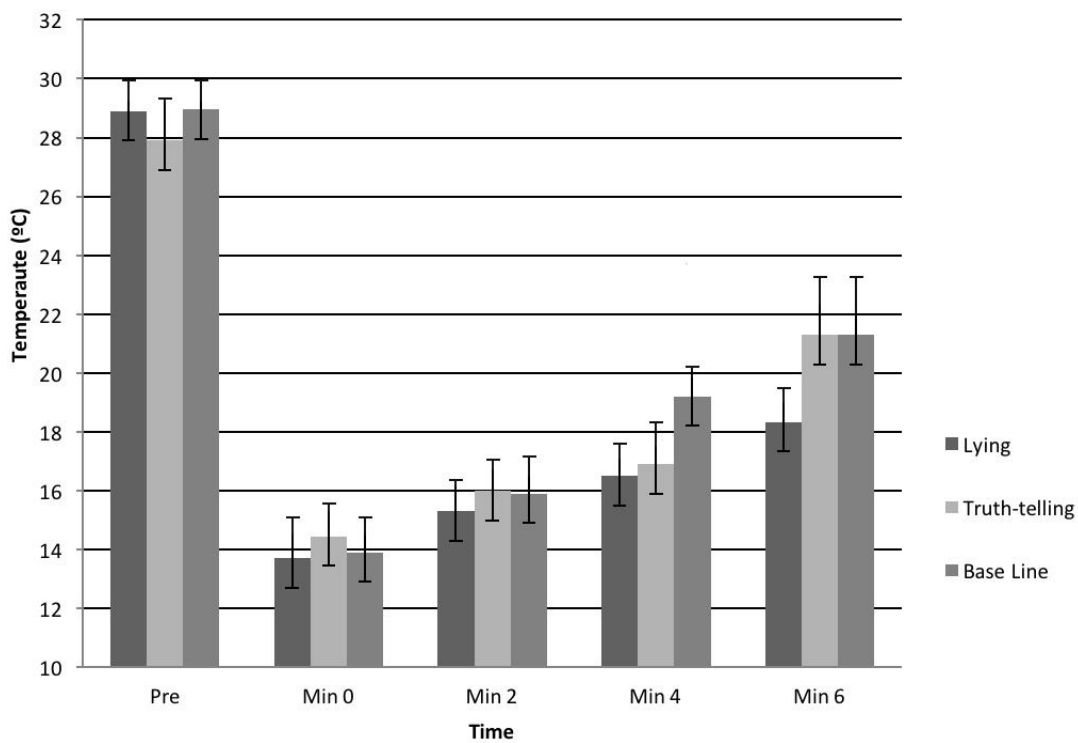


Figure 2. Temperature of the fingertip over time while performing the task of each condition (Experiment 2). Pre = before the immersion of the hand.

If we compare the baseline condition of the CST (without a concurrent task) with the lying condition, the difference in the thermal recovery from the minute zero to the sixth minute (T6) was significant, $F(4, 120) = 4.57, p < .0005$, being the thermal difference between both conditions only significant for the fourth minute (T4), $F(1, 30) = 5.75, p < .0228$, and the sixth minute (T6), $F(1, 30) = 6.31, p < .0176$.

If we compare the lying condition with the truth-telling condition, the thermal recovery was different for both groups, $F(4, 120) = 6.09, p < .0014$. The temperature was different for both conditions, only for the sixth minute, $F(1, 30) = 5.09, p < .0420$.

However, there were no differences in the thermal recovery of the finger between the truth-telling condition and baseline of the CST condition, $F(4, 120) = 2.19, p < .0737$. Given that the difference was marginal, we analysed it for each temporal moment, and the finger temperature was only different between both conditions at the fourth minute (T4), $F(1, 30) = 4.17, p < .0499$.

In summary, the thermal recovery in the lying condition was lower than in the other two conditions. Nevertheless, until the fourth minute, the recovery in the lying and truth-telling conditions was identical. In both cases, the recovery begins to be delayed at the fourth minute with respect to the baseline condition; but the delay disappears for the truth-telling condition at the sixth minute, while it remains for the lying condition. Regarding the nose, we observed a rebound effect in the truth-telling and the baseline conditions when we applied the CST; this rebound did not appear in the lying condition. We rely on a previous average temperature of 31°C for the baseline condition, and 30°C for the truth-telling and lying conditions, an insignificant difference.

A thermal decrease happened in the tip of the nose when the participant immersed the hand in the water with a temperature of between 0.6°C and 1°C. When the participant removed the hand and started the experimental task, the thermal increase in the nose became quite pronounced (rebound effect), reaching 32.5°C in the baseline condition and 31.6°C in the truth-telling condition. In contrast, in the lying condition, the thermal recovery of the nose is lower (30.2°C in the sixth minute), annulling the thermal rebound we observed in the other conditions. See Figure 3. Although only one hand was immersed, we did not find any lateralisation effects on the facial regions considered.

The thermal recovery of the nose was different depending on the condition, $F(8, 240) = 7.28, p < .0001$.

If we compare the lying condition with the baseline of the CST, the thermal recovery was different, $F(4, 120) = 13.34, p < .0001$; being different the temperature between both conditions in the second minute, $F(1, 30) = 8.33, p < .0071$; in the fourth minute, $F(1, 30) = 9.44, p < .0044$, and in the sixth minute, $F(1, 30) = 11.38, p < .002$. There was only a rebound effect, measured as the difference between the nose temperature previous to the immersion (BL) and the nose temperature, in the sixth minute (T6-BL), for the baseline condition of the CST, $F(1, 30) = 17.77, p < .0002$.

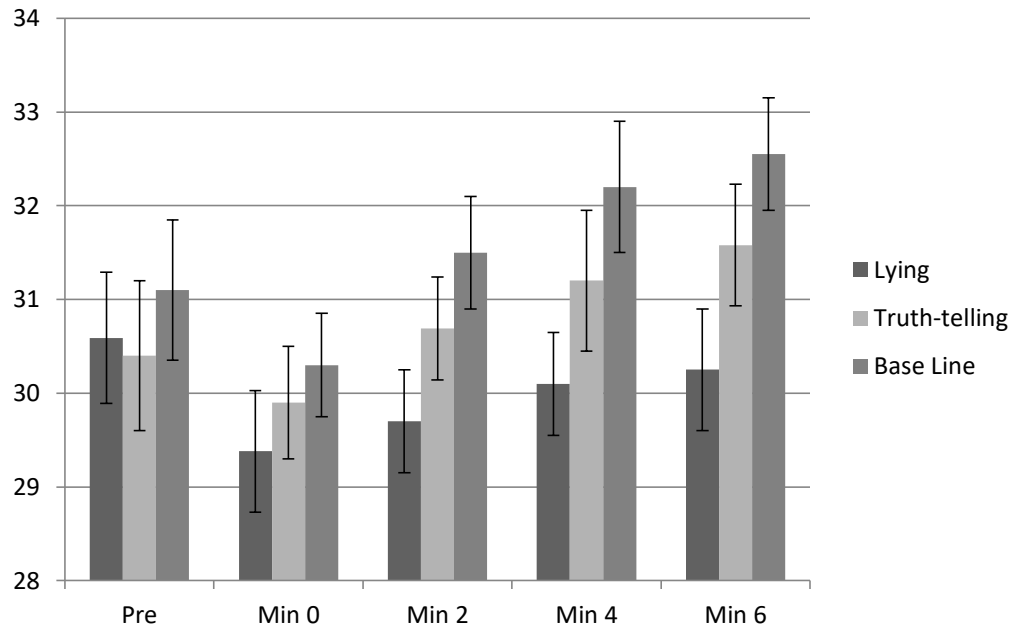


Figure 3. Temperature of the nose over time while performing the task of each condition (Experiment 2). Pre = before the immersion of the hand.

Comparing the truth-telling condition with the lying condition, the thermal recovery after the immersion was again different for both conditions, $F(4, 120) = 7.75, p < .0001$. A significant difference in temperature existed at the sixth minute, $F(1, 30) = 8.54, p < .0066$.

The rebound effect for the truth-telling condition was significant, $F(1, 30) = 10.98, p < .0024$. However, when comparing both control conditions, there were no significant differences in the thermal recovery of the nose, $F(4, 120) = 1.21, p < .3095$. In summary, a rebound effect of the thermal recovery of the nose happens in the control conditions but does not appear in the experimental condition.

The data from the state scale of the STAI for the three conditions at the beginning of the session was similar: 15 (2), 15 (4) and 13 (3) respectively. However, at the end of the session, anxiety states were 20.5 (4.9) for the baseline condition, 31.8 (6.1) for the truth-telling condition, and 33.0 (7.3) for the lying condition. This was the only significant difference between the baseline condition and the other two conditions, $t = 3.23, p < .01$. That is, the level of state-anxiety in both the lying condition and the truth-telling condition was similar, as expected.

If we compare the lying condition and the truth-telling condition, we obtain a discrimination superior to 80% for both the finger and the nose in the sixth minute, (AUC = 0.890, 95% CI, 0.790 - 0.968; AUC = 0.828, 95% CI, 0.690 - 0.958) respectively.

4. EXPERIMENT 3: A replication of The Pinocchio effect with the CST

We will try to replicate experiment two main results. In addition, to study whether our results are generalisable beyond a mock scenario, we will change the type of lie with a biographical lie planned and motivated previously (see Method), since self-gain and other-gains are fundamental mediators of lying (DePaulo et al., 2003; Ekman, 2001) and we asked *via* a questionnaire to what extent s/he was motivated to do well during the study (on a 7-point Likert Scale ranging from 1 = *not at all* to 7 = *very much*) (Vrij, Granhag, Mann, & Leal, 2011). To avoid the interference caused by the use of the phone in the detection of lying, we will eliminate it and use the evaluation by blind experimenters and experts in lie detection with the ACID interview style system (Colwell et al., 2007). We will measure the anxiety of trait and state at the beginning and end of the session to see how it evolves. In the new experimental situation, the hand uncooled is free, which we will also record, so that we have three thermal points of analysis: The tip of the nose, the back of the middle finger of the cooled hand, and the back of the middle finger of the uncooled hand.

4.1 Method

Participants

Twenty (10 female, average age of 23.5 with a range of 20-40) undergraduate students volunteered to take part in this study under the same selection criteria than in experiment 2.

Equipment

The equipment was the same as experiment 2

Procedure and settings

This new experiment was carried out in the same room and conditions as experiment 2. In this case, we principally recorded three ROIs: The tip of the nose, the tip of the finger of the dominant hand (dorsal part) and the tip of the finger of the non dominant hand (dorsal part).

We left the CST in direct contact with naked hand's participant for two minutes at 2°C +/- 1°C. After that time had elapsed, we removed the CST. Subsequently, we recorded the thermal recovery of the hand during six minutes, exactly as it has been done in our previous experiment.

Description of the Participant's Task

Participants had to write days before the thermal sessions concerning their biography of the last five years until they arrived here (to study psychology and decide to join the course of psychology of the lie) with a certain level of detail on an A4 folio with one spacing lines and font size 12 Roman Courier. Then, on the next day of class, each participant was given the anonymous biographical story of another student in a random way and was informed this was his lie. They were to study it. Finally, they were advised to go to two sessions, separated by four days, to the CIMCYC thermography laboratory, where they would tell to a human expert in detecting lies either his story (true condition) or the story of his partner as if it was their own (lie condition), according to a code that they also received at random. This code indicated when (whether in session one or session two) they were going to lie or tell the truth.

The codes could be: Truth1-truth2 (tell the truth in session one and tell the truth in session two); lie1-lie2; truth1-lie2; lie1-truth2. The codes truth1-truth2 and lie1-lie2 are added to make the expert's task more complex, but only the data of the 20 subjects who went through the conditions tell the truth or lie intrasubject are analysed. At the end of each session the expert wrote his answer, if he or she thought the participant had lied or told the truth, and the participant showed his code. The expert in detecting lies would be different in each session. If the experts' answers at the end of the two sessions did not coincide with the participant's code for lie (error in detection of deception), the participant passed the test and received an extra point. Otherwise, he or she did not pass the test and lost a point in his grade. After this, the winners were congratulated in public by the teacher and the rest of the class.

Interview Script

All participant responses were recorded in audio. During the interview the blind experimenter could ask questions following the simplified interview script from Table 1 of Colwell et al. (2007) of the ACID system. Specifically the structure of the interview was as follows: 1. Baseline and rapport. Both interviewers adopted a cooperative mode of interaction to avoid additional sources of stress to the participant. 2. The CST was placed in the participant's hand (maximum duration of two minutes). 3. The CST was withdrawn and the participant was asked for a free recall with an approximate duration of three minutes and the interviewers after that asked one new petition to the respondent of point 3, with an approximate duration of three minutes again: Reverse order recall.

Thermograms' Mode of Evaluation.

Three thermal videos were recorded, one for each step of the interview. To simplify the analysis of each participant, only the baseline temperature (BL) (step 1) in T0 (minute zero of the recovery, which coincides with the start of step 3 of the interview) and T6 (minute six of the recovery, after having completed the reverse order recall).

To compute the classification criteria as lie or truth for changes in the temperature of the nose, the cooled hand and the uncooled hand, we proceed according to our previous results. For each key registration point, we concluded that a participant lied if he or she did not show a nose-bounce effect (the temperature in the sixth minute of recovery [T6] is less than or equal to the baseline temperature [BL]). If it does not show uncooled hand recovery (T6 is less than or equal to T0) and if the thermal recovery of the hand cooled at T6 is less than 40% as occurred in experiment 2 (which equates to a recovery below 6°C in experiment 2). If a participant met at least two of these criteria, he or she is classified as a liar. If the participant met only one or none, he or she is considered to be true. In this way, we hoped to increase accuracy and decrease false alarms. This method also computes the agreement between experts and the agreement between experts and the results of the analysis of thermograms.

4.2 Results

The intercoders (of ROIs) reliability was .95, $p < .001$. The participants reported been very motivated during the task ($M = 6.55$, $SD = 0.45$). In the group analysis of the data, for the nose we obtained a significant interaction between the type of response (truth or lie) and the time variable (BL, T0 and T6), $F(2, 38) = 11.95$, $p < .001$. Being significant the rebound effect (difference between BL and T6) for the tell truth condition, $F(1, 19) = 20.89$, $p < .001$; but not for the lying condition, $F(1, 19) = 0.02$, $p < .88$. The mean temperature for the true condition in BL, T0 and T6 was 30.2°C, 30.1°C and 32.8°C, respectively. The mean temperature for the lying condition in LB, T0 and T6 was 29.9°C, 29.1°C, 29.5°C, respectively. Although only one hand was cooled, we did not find any lateralisation effects on the facial regions considered.

For the cooled hand, the interaction between the response type and time was also significant, $F(2, 38) = 4.20$, $p < .02$. The recovery was greater in T6 for the true condition than for the lie condition, $F(1, 19) = 5.80$, $p < .02$. The mean temperature for the true condition in BL, T0 and T6 was 28°C, 17°C, 22°C, respectively. The mean temperature for the lying condition in BL, T0 and T6 was 29°C, 17.6°C, 19°C, respectively.

For the uncooled hand, the interaction between the response type and time was also significant, $F(2, 38) = 8.70, p < .001$. The recovery was greater in T6 for the true condition than for the lie condition, $F(1, 19) = 6.51, p < .01$. The mean temperature for the true condition in BL, T0 and T6 was 28.7°C, 29°C, 30.5°C, respectively. The mean temperature for the lying condition in BL, T0 and T6 was 29°C, 28.4°C, 28.3°C, respectively.

The agreement between experts was $r_{xy} = .80, p < .001$. The accuracy in deception detection for expert 1 was 65% and 35% of false alarms. For expert 2, accuracy was 60% and 30% of false alarms. The agreement between the experts and the thermographic analysis was $r_{xy} = .72, p < .001$. For the tip of the nose, applying the criterion of concluding that the participant lies if he or she shows a rebound effect equal to or less than zero, we obtained a percentage of successes of 75% and a false alarm rate of 20%. For the cooled hand, with the criterion of concluding that the participant lies with a thermal recovery lesser than 40%, the success rate was 90% and the false alarm rate was 45%. For the uncooled hand, with the criterion to conclude that the participant lies if he or she shows a thermal recovery equal to or lesser than zero, the success rate was 80% and the false alarm rate was 30%. When combining the three criteria, with the rule of obtaining the lie conclusion if the participant has been classified as a liar in at least two of them, the success rate was 85% and the false alarm rate was 25%.

Anxiety

For the truth, state anxiety rises from the baseline, 13 (4), by telling the true story with cognitive overload, backwards, 18 (6), $F(1, 19) = 5.66, p < .05$.

For a lie, state anxiety rises by lying with cognitive overload, with respect to base line, 23 (7), $F(1, 19) = 8.93, p < .01$. Therefore, lying about your biography raises state anxiety about telling the truth only marginally, $F(1, 19) = 4.37, p < .06$.

Regarding the group trait anxiety, 25 (12), we obtained a non significant correlation with the percentage of thermal recovery of the cooled hand at T6, $r_{xy} = -.38, p < .05$.

5. Discussion and Conclusion

We observe after the use of the CST, that a thermal recovery of the hand of around 60% in six minutes and a significant rebound effect in the nose of beyond 1.5°C exists when the person is being sincere as well as in the baseline condition without a concurrent task. These effects are annulled when the person is lying, causing a condition where the thermal recovery of the hand is lower, of around the 30%, and there is no rebound effect (-0.3°C) in the nose temperature. We

suppose this lower thermal recovery and this absence of rebound effect is due to the vasoconstriction generated because of the act of lying or Pinocchio effect, and it cannot be attributed to an anxiety effect, since the state anxiety in the truth-telling group was similar (experiment 2 and 3) and the interaction with trait anxiety was non significant (experiment 3). Thermography discriminative capacity for the lie is above 85%.

A future option would be to use the Cold Pressor Arm Wrap (CPAW) (Porcelli, 2014) or the Trier Social Stress Test, which produces a thermal pattern similar to CST in the different phases of the test (Engert et al., 2014) to confirm that induced stress increases the autonomic response to detect disappointment, so this methodology would be applicable in ecological settings, without losing the touch-less and non invasive advantages of thermography.

However, we should keep investigating whether the thermal changes provoked when a person is lying are due either to the act of lying itself, or to other emotions inherent in the act of lying. Nevertheless, we need to investigate the role of the other factors as the mental workload, the empathy, the type of lie, the interviewer's attitude (cooperative or accusatory), or type of interview. As well, we need to verify empirically what multimodal approach to lie detection offers better results. There may be other deception detection techniques that combine better with thermography to increase accuracy and reduce false alarms.

Acknowledgments

This article includes part of the thesis of PhD student A. Moliné from the Mind, Brain, and Behavior Research Center, University of Granada.

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

CAPÍTULO 5.

Estudio 3: TERMOGRAFÍA, EMPATÍA Y DILEMAS MORALES:

Thermography, empathy and moral dilemmas

Versión pre-publicación de:

Moliné, A., Moya, E., Gálvez-García, G., De la Fuente, J. M., Fernández-Gómez, J., Iborra, O., McGill, L., Tornay, F., Gómez, E. (en revisión). Thermography, empathy and moral dilemmas. *Cognition and Emotion*.

Abstract

The main objective of this research is to investigate the correlation between physiological changes, empathy, and moral behavior through the application of thermography. To do this, this research studied the body temperature changes that occur during the presentation of a personal and impersonal moral dilemma to high- and low-empathy participants. This research also studied the time it takes to make this moral judgement as an indicator of the cognitive style of the participant: intuitive thinking (emotional/visceral) or deliberate thinking (utilitarian or logical). The main results were as follows: Higher thermal changes in participants with high levels of empathy indicated a fixed pattern of thermal changes that constituted a body map of emotional moral judgement: arousal plus visceral effect. These participants also tended to make non-utilitarian judgments. The low empathy participants, on the other hand, tended to make utilitarian judgments, and this study found that their thermal body change was almost not significant. The results are discussed in terms of emotion-based accounts of moral dilemmas.

Keywords: thermography, empathy, moral dilemmas, arousal, intuition.

Introduction

A vast number of the interactions we make with the environment and other people depends on empathy (Decety, 2011; Decety & Svetlova, 2012; Eisenberg & Eggum, 2009; Hodges & Klein, 2001; Rizzolatti & Sinigaglia, 2008; Shamay-Tsoory, 2009) - the center of our social life. Empathy is the ability to perceive and understand what other people are thinking and feeling - to put ourselves in the place of others and feel as they feel (Fernández-Pinto & López-Pérez, 2008; Frazzetto, 2014; Ickes, Stinson, Bissonnette, & Garcia, 1990; Levenson & Ruef, 1992; Mason & Bartal, 2010).

Emotions and empathy are thereby some of the fundamental bases of morality (Churchland, 2011; Greene & Haidt, 2002; Iacoboni, 2009). In regard to moral conduct, we find ourselves with an emotional component on one hand and a rational component on the other (Choe & Min, 2011; Everett, Pizarro, & Crockett, 2016; Gleichgerrcht & Young, 2013; Greene, Morelli, Lowenberg, Nystrom, & Cohen, 2008; Navarrete, McDonald, Mott, & Asher, 2012; Nichols & Mallon, 2006; Patil, Cogoni, Zangrado, Chittaro, & Silani, 2014; Robinson, Joel, & Plaks, 2015; Wiech et al., 2013). Moral dilemmas are often characterized by the conflict which arises between these two responses—the rational response and the emotional response. A rational and utilitarian judgement weighs up the well-being of the majority, tends to be slower, and considers a list of reasons before deciding. An emotional and intuitive judgement objects to damaging others based on the interoception of a gut-feeling (Christensen & Gomila, 2012; Kahneman, 2011; Nichols & Knobe, 2007; Patil, Melsbach, Hennig-Fast, & Silani, 2016). These two components are related to the cognitive style of the participants and can be measured with the Preference for Intuition and Deliberation Scale (PID) (Betsch & Kunz, 2008).

Greene (2014) distinguished two types of moral dilemmas: impersonal and personal. An example of an impersonal moral dilemma is the “trolley problem”: Imagine a runaway boxcar heading toward five people who cannot escape its path. Now imagine you had the power to reroute the boxcar onto a different track with only one person on that route. About 90% of participants pulled a switch to reroute the boxcar, suggesting people are willing to violate a moral rule if it means minimizing harm.

An example of a personal moral dilemma is: Imagine that you find yourself living in the Second World War with a group of neighbors. In this scenario, you are hiding in a basement because the enemy soldiers are approaching. Among this group of people, you find a mother and her baby. The baby starts to cry because the soldiers are approaching. But the soldiers are going to

hear the baby, enter the basement, and kill everybody they find. To resolve this dilemma, you are offered two options: strangle the baby to save the rest of the group, or let the baby cry and allow the soldiers to enter.

The impersonal dilemma is presented when the action must be performed over an inanimate being; the tendency of the participant is to give a utilitarian response. Meanwhile, for those presented with personal dilemmas in this situation, the result for carrying out an action on an animate being—for example, a human being—tends to be non-utilitarian. In general, and given the characteristics already described, we expect that people with low empathy tend to express utilitarian judgments and a rational cognitive style, while those who possess high levels of empathy express non-utilitarian judgments and an intuitive cognitive style (Greene, Nystrom, Engell, Darley, & Cohen, 2004; Kahneman, 2011).

Researchers at the Mind, Brain, and Behavior Center of Research at the University of Granada (CIMCYC) have determined that the body experiences changes of temperature in correlation with empathy (Salazar-López et al., 2015). Thermography is a technique that obtains a graphic record of the heat emitted through the surface of the body in the form of infrared radiation. This serves to evaluate emotions and understand the emotional attachment involved. Emotions are frequently perceived in the body and face, where they manifest into physiological changes that are provoked by emotional states (Ioannou et al., 2013; Ioannou, Gallese, & Merla, 2014; Nhan & Chau, 2010; Shastri, Merla, Tsiamyrtzis, & Pavlidis, 2009). Upon increasing such peripheral physiological activation, temperature also changes - i.e., the valence effect under low arousal conditions (higher face temperature for positive IASP images and lower face temperature for negative IASP images) and the thermal high arousal effect (higher face temperature for positive and negative IASP images) described in Salazar-López et al. (2015) (see also Cushman, Gray, Gaffey, & Mendes, 2012; Hahn, Whitehead, Albrecht, Lefevre, & Perrett, 2012; Ioannou et al., 2014; Panasiti et al., 2016) -. Most of these thermal changes have been measured in the face (nose, forehead) (Moliné et al., 2017). But only with the Regions of Interest (ROIs) of the face it is impossible to discriminate fear, stress, lying or guilt (Ioannou et al., 2014). At least hands thermograms must be added (Moliné et al., 2017) and probably other body parts thermograms, overall torso thermograms. For example, in a pilot study we found a significant difference between lies and stress only in the torso thermogram (a temperature decrement in the torso during lying but not in the cold stress test) being the hand and face thermograms similar in both cases (a significant temperature decrement happened in face and hands). We named the torso skin temperature decrement, visceral effect because probably it is related to the core temperature homeostasis. After

that we ran in CIMCYC a new experimental pilot set of sympathetic versus parasympathetic dominance situations. Each pilot experimented with $N=10$. For example, in one pilot experiment, we registered 10 participants with the thermal camera while they looked at pictures of their partner or spouse versus their best friend. See table 1 for a description of the entire experimental set and the main results (see Table 1).

Experimental set/results	Torso (T) temperature changes (T+: higher, T-: lower, T=:equal)	Face (F) temperature changes (F+: higher, F-: lower, F=:equal)
Experiment 1	Task: Kiss your partner on the mouth: T-, F+.	Task: Look directly into the eyes of an unknown person from a short distance: T=, F+.
Experiment 2	Task: Watch a video of your favorite football team (Real Madrid F.C.) winning a cup: T-, F+.	Task: Watch a video of your enemy football team (Barcelona F.C.) winning a cup: T=, F+.
Experiment 3	Look at pictures of yourself and your partner (smiling at each other, in a romantic city, or being playful together): T-, F+.	Task: Look at pictures of you and your best friend or relatives (smiling at each other, in a romantic city, or being playful together): T=, F+.
Experiment 4	Task: tell a lie: T-, F-.	Task: cold stress test: T+, F-.
Experiment 5	Task: (Women) Look at a crying baby for 5 minutes: T-, F+.	Task: (Men) Look at a crying baby for 5 minutes: T=, F+.

Table 1. Experimental set of sympathetic versus parasympathetic dominance situations and temperature changes in Torso and face (nose overall).

We (but also other research groups) have published some of the previous data in experiment 1, 3 (Ioannou et al., 2014; Moliné & Gómez-Milán, 2017; Salazar-López et al., 2015) and 4 (Moliné et al., 2017). Most of the circumstances that produced the thermal visceral map (torso temperature

changes) share parasympathetic dominance (De Boer, Van Buel, & Ter Horst, 2012; Floyd et al., 2009), but in the circumstances where only the arousal effect is obtained, a clear dominance of the sympathetic nervous system occurred (Brewster, Nelson, McCanne, Lucas, & Milner, 1998; Frodi, Lamb, Leavitt, & Donovan, 1978). In this sense, the parasympathetic map (higher temperature in hands and face and lower temperature in torso) is the mirror image of the thermal stress map (lower temperature in hands and face and higher temperature in torso during stress conditions [sympathetic dominance], i.e., during the immersion phase of the Cold Pressor Test (Engert et al., 2014).

This research proposed that people who possess high levels of empathy would produce changes of temperature when exposed to a personal moral dilemma that are more parasympathetic than people with a low level of empathy. Additionally, the research also proposed that these changes of temperature would be more for personal dilemmas than for impersonal dilemmas (in more body parts, being the ROIs of the face not clearly discriminative). In this direction, high-empathy people would respond in an emotional or intuitive way, while low-empathy people would respond in a selfish mode following the economic theory (Knight, 2011). In the same way, we expected that the participants with high empathy would take less time to respond, choosing to not kill the baby, against the slower and more frequent decision of low-empathy participants to kill the baby. For impersonal dilemmas, we expected more utilitarian decisions for both groups of participants and less differences in thermal body changes. In short, we will be studying the map of thermal bodily changes when the participants are confronted with a moral dilemma (personal or impersonal).

Method

Participants and procedure

The participants consisted of university students—20 women and 20 men between the ages of 18–34. All interested participants were instructed to read a brief description of this research project; we obtained written informed consent from each participant. After that, each participant answered a series of medical and biographical items to ensure that they were in good health and not taking medication or drugs that could interfere with the examination results. This research was approved by the local Research Ethics Committee of CIMCYC at Granada University. The participants were selected in accordance with the score of their TECA (Test of Empathy, Cognition and Affection) test (López-Pérez, Fernández-Pinto, & Abad, 2008): 20 who scored above percentile 70, and 20 who scored below percentile 30.

The experiment took place in a tested thermographic laboratory (Fernández-Cuevas et al., 2015) at CIMCYC in an enclosed room of approximately 40 m² with one designated space for people to change their clothes. The thermographic camera, computer, and researcher were situated in the center of the room in front of the participant.

The protocol for taking measurements using thermographic cameras (Ring & Ammer, 2000) demands a specific preparation in order to obtain adequate recordings that we followed for this study. The area of the skin that is going to be recorded must not be covered by any material. In this way, thermography is able to capture images that accurately reflect temperature. The participants must be still for 10 minutes in order for their skin temperature to adapt to the ambient temperature—between 18 and 24°C before the recording (22°C in our case).

The thermographic camera, Thermovision A320G, offers different ranges of colors. We used the medical range, named for its use in medical thermography, which gives a clearer view of temperature changes.

In accordance with the procedure, when the participants entered the dressing room, they were instructed to remain seated for 10 minutes in the prepared room in order to change their clothes. Next, they were asked to put on bathing suits where the experiment was carried out. The participants were told that they would be presented with a moral dilemma. Throughout the duration of the recording of the moral dilemma, they were asked to imagine themselves in the situation they were exposed to. During this time, they were asked to make a decision, indicated by an “OK” to start their verbal response, followed by the researcher picking up the thermographic register. With each participant, the researcher made a recording of the baseline, which showed an initial thermal image of the body before knowing the dilemma. The researcher made another recording during the performance of the task (while the participant was listening to the dilemma and thinking about it), and another at the end of the task (just after the participants responded to the moral dilemma). The entire test had a total duration of 5 minutes.

To guarantee consistent recording of ROIs, we applied the same polygon size for each body region in all thermograms for each participant, but adapted to each participant’s particular body configuration. All participants were their own control for their ROIs; therefore, all participants were recorded in exactly the same position during all tasks. Two researchers who were blind about the purpose of the study and independent of each other, instructed in the size, shape, and position of the ROIs, manually performed the segmentation and data collection (mean, standard deviation, maximum and minimum for each ROI) to ensure the repeatability and standardisation of the ROIs. Statistical analyses were performed independently by other two researchers, each one working with

one of the two data files and on the different descriptive statistics, obtaining the same general pattern of results.

Stimulus

The stimulus was the exposure to a personal (experiment 1) and impersonal (experiment 2) moral dilemma (i.e., the personal dilemma of the baby and the impersonal trolley dilemma, explained previously in the introduction). The personal and impersonal dilemmas were offered to participants in a counterbalanced fashion (i.e., half of the participants received the personal dilemma first, and the other half received the impersonal dilemma). The experiment took place over 2 different days.

Material

We used the thermography camera Thermovision A320G, which has a potential sensitivity of between 0.07 and 30°C between successive readings. The camera was placed on a tripod 110 cm above the ground, and 2 m from the participants. The height was adjusted in order to capture the entire body of the participants, including the face and the upper and lower parts of the body. Each recording was performed on the front portion of the body. The camera was prepared for automatic focus, which was used to focus in on the image during the recording. The videos were stored and registered on a laptop with the program Researcher TermaCAMP 2.9, which allows continuous recordings of eight photo frames per second.

Measuring instruments

The TECA empathy test (López-Pérez et al., 2008) measures the general values of empathy in four subcategories; the adoption of perspectives (AP; i.e., the ability to put ourselves in the place of another person); emotional comprehension (EC; i.e., the ability to understand the emotions, intentions, and impressions of others); empathetic stress (ES; i.e., the ability to be in tune with the negative emotions of others); and happiness empathy (HE; i.e., the ability to feel the positive emotions of other people).

The Preference for Intuition and Deliberation Scale (PID) (Betsch & Kunz, 2008) consists of two subscales (PID deliberation, PID intuition). Respondents are divided into four groups: deliberative (above mean in deliberation, below mean in intuition); intuitive (vice versa), indifferent (both below mean in deliberation and intuition), and mixed (above mean in both subscales). We

measured participants' anxiety levels with the State-Trait Anxiety Inventory (STAI) (Spielberger, Gorsuch, & Lushene, 1982).

Results and discussion

Results for the personal dilemma

We found a significant difference with respect to the scores of the TECA. Participants were selected for the low and high empathy groups from a pool of 120 participants in terms of the global TECA score. The 20 participants with low levels of empathy always had lower scores than those with high levels of empathy in as many as three out of four of the subcategories, and also in the overall score. The scores were only equaled between groups in the subcategory of empathetic comprehension. The main difference was found in the emotional subscales, more than in the cognitive ones (see table 2).

TECA	High empathy	Low empathy	F (1,38)	P
AP	40	20	48.38	.0001
EC	39	38	1.33	.2637
ES	31	23	15.44	.0012
HE	36	33	5.44	.0329
Global score	146	124	43.66	.0001

Table 2. Differences in TECA Scores. AP: adoption of perspectives; EC: empathetic comprehension; ES: emotional stress; HE: empathetic happiness; Global score: overall score in TECA.

With respect to the STAI of Spielberg Question of Anxiety Characteristic-State, we did not find significant differences between both groups, $F(1, 38) = 3.71$, $p < .0719$. The state anxiety score for the high empathy group was 27 (4) and 23 (5) for the low empathy group at the end of the session.

The results for the PID scale, in deliberation and intuition respectively, for the high empathy group were 36 (5) and 41 (6); for the low empathy group, the results were 40 (6) and 28 (4), being significant only for the group difference in the intuition scale, $F(1, 38) = 14.98$, $p < .0015$. We

found a significant correlation between cognitive style (intuitive thinking) and empathy (high level; see table 3). The correlation between deliberative thinking scale and empathy was null for all TECA scales, $r_{xy} = 0.137$, $p > .05$ in the best case.

TECA	Correlation level (r _{xy})	P
Total	0.563	0.003
TECA EC	0.440	0.028
TECA ES	0.602	0.001
TECA HE	0.389	0.054

Table 3. Correlation Between Cognitive Style (Intuitive Scale) and Empathy. EC: empathetic comprehension; ES: emotional stress; HE: empathetic happiness.

In short, the high-empathy participants in this study were more intuitive with higher emotional empathy, but with a similar state anxiety than the low-empathy group.

With respect to the time it took the participants to make a decision, it was measured with a button press by the participant, we found that the difference between the two groups was significant, $F(1, 38) = 9.34$, $p < .0041$. The speed of the response in the group with low empathy was less than those with high empathy—32 (8) seconds versus 46 (9) seconds.

With respect to the type of response—whether utilitarian or not: to denote that participants decided to sacrifice the baby for the greater good—within the low empathy group, 16 participants said they would sacrifice the baby. Within the high empathy group, only five people selected the utilitarian response.

In relation to the affirmative response of killing the baby, we found that those with high empathy employed much more time than the low empathy group in making the decision: 70 (12) seconds versus 32 (13) seconds, $F(1, 20) = 64.70$, $p < .0000$. In responding to not sacrifice the baby, the time it took the high empathy group to decide was the same as the low empathy group—35 seconds versus 33 seconds, $F < 1$.

In summary, we proposed that in general, the participants with high empathy would be faster or more intuitive in deciding not to sacrifice the baby. Contrary to this, they were actually slower and more deliberate in deciding the utilitarian response. When we compared their answers of yes or no, they were faster in deciding not to kill the baby, $F(1,20) = 6.67$, $p < .0001$, which was the main response. For those who selected the utilitarian response, after inhibiting their intuitive

tendency to say no, this occurred after a slow rationalization. Those with low empathy took the same amount of time to respond yes or no, and in the end tend to select the utilitarian response.

With respect to thermography, the intercoders (of ROIS) reliability (Pearson correlation) was .95, $p < .001$. We performed for the thermal data the corresponding ANOVA: 2 (Group: low empathy, high empathy) by 2 (Time: baseline, post-dilemma). We found that the interaction between both independent variables was significant for many body parts [face (forehead, nose, cheeks, mouth); torso (neck, shoulder, chest, abdomen); arms; legs]. See appendix 1. We did not find significant thermal differences between the baselines of the participants, $F < 1$ (see table 4). However, the difference between groups was significant after exposing them to the dilemma (just after the participants' response). See again table 4.

Body Map	Baseline	After Dilemma	<i>F</i>(1, 38)	<i>p</i>
Forehead	HE 34.7(0.78)°C	HE 35.4(0.81)°C	8.96	.0050
	LE 34.9(0.80)°C	LE 35.0(0.53)°C		
Nose	HE 32.5(0.50)°C	HE 34.6(1.03)°C	29.86	.0001
	LE 32.4(0.89)°C	LE 31.5(1.60)°C		
Cheeks	HE 32.5(1.06)°C	HE 34.5(0.56)°C	8.88	.0050
	LE 33.1(0.70)°C	LE 34.0(0.54)°C		
Mouth	HE 33.5(0.50)°C	HE 35.5(0.88)°C	15.13	.0004
	LE 34.1(0.89)°C	LE 34.4(0.76)°C		
Neck	HE 35.7(1.23)°C	HE 35.1(1.51)°C	2.45	.1255
	LE 35.3(0.98)°C	LE 35.5(1.16)°C		
Shoulder	HE 35.2(0.80)°C	HE 34.1(0.64)°C	8.88	.0050
	LE 34.9(1.20)°C	LE 34.8(0.37)°C		
Chest	HE 34.6(0.85)°C	HE 33.4(0.70)°C	11.82	.0014
	LE 33.4(1.01)°C	LE 32.9(0.42)°C		
Abdomen	HE 33.6(0.72)°C	HE 32.3(0.95)°C	54.82	.0001
	LE 33.8(0.84)°C	LE 33.8(0.53)°C		
Hand	HE 30.7(1.33)°C	HE 33.5(1.20)°C	19.85	.0001
	LE 30.5(2.61)°C	LE 29.9(2.07)°C		
Inner thighs	HE 32.5(1.11)°C	HE 31.6(1.08)°C	8.58	.0050
	LE 32.1(0.73)°C	LE 32.4(0.87)°C		
Knees	HE 30.9(1.04)°C	HE 30.4(0.78)°C	7.82	.0061
	LE 30.1(0.72)°C	LE 30.0(0.69)°C		
Calves	HE 33.3(1.33)°C	HE 32.7(0.66)°C	8.82	.0050
	LE 32.9(1.26)°C	LE 33.1(1.04)°C		

Table 4. Thermal Differences Between Groups in the “After Dilemma” Condition. Participants with high empathy (HE) and low empathy (LE) for different body parts. “After dilemma” condition is the thermal measure after the participants’ response to the moral dilemma.

In regard to the face, the thermal changes that were produced were as follows: In the participants with high empathy, the temperature changed (increased) in all of the analyzed areas of the face, $F(1, 19) = 35.50$, $p < .0001$, overall nose, $F(1, 19) = 25.30$, $p < .0001$, cheeks, $F(1, 19) =$

30.19, $p < .0001$, and around mouth, $F(1, 19) = 23.46$, $p < .0001$), with respect to the baseline. In the torso, for the zones of the neck, $F(1, 19) = 10.13$, $p < .0049$, shoulders, $F(1, 19) = 34.54$, $p < .0001$, chest, $F(1, 19) = 58.47$, $p < .0001$, and abdomen, $F(1, 19) = 88.42$, $p < .0001$, we only observed changes with respect to the baseline in the participants with high empathy, where the temperature decreased (see figure 1).

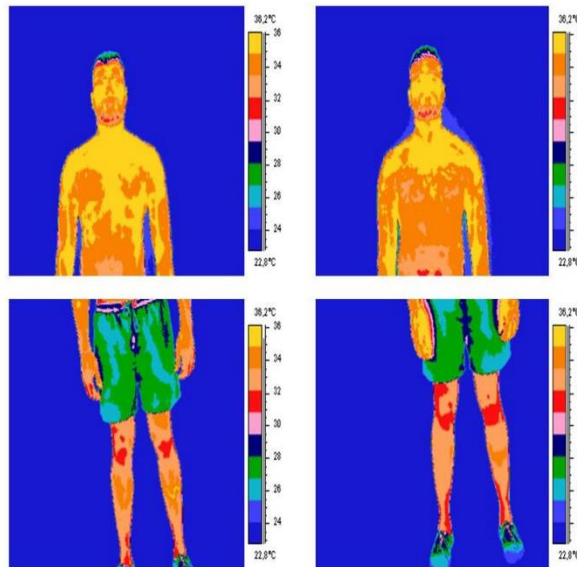


Figure 1. High empathy participant solving a personal dilemma . Thermal changes (significant) between base line (upper and lower left) and after personal dilemma (upper and lower right) in participant with high empathy.

We obtained the following results for the hands: The temperature increased for those with high empathy with respect to the baseline, $F(1, 19) = 38.86$, $p < .0001$. The results obtained in the legs were the same as those obtained in the torso. They produced a decrease of temperature in those with high empathy, $F(1, 19) = 14.89$, $p < .0010$; we did not find significant changes in the legs for those with low empathy.

For those with low empathy, the temperature decreased with respect to the baseline in the zone of the nose, $F(1, 19) = 9.39$, $p < .0042$, and marginally in fingers and hands, $F(1, 19) = 4.71$, $p < .0619$; the temperature did increased for this group in the mouth after hearing the dilemma, $F(1, 19) = 10.01$, $p < .0030$. The pattern of thermal changes in the low empathy group was similar to physical stress.

We also found significant correlations between the magnitude of the thermal change (magnitude of thermal decrement) in torso and the time of response (Reaction Time), $r_{xy} = - 0.536$,

$p < .001$ and between time of response and the type of response (utilitarian or not), $r_{xy} = -0.402$, $p < .005$.

Results for the impersonal dilemma

With respect to thermography, data, the intercoders (of ROIS) reliability (Pearson correlation) was $.86$, $p < .001$. The interaction between group (low, high empathy), torso (chest and abdomen) and pre-post dilemma thermograms was significant, $F(1, 38) = 17.54$, $p < .0002$. No other second order interaction was significant for the rest of body parts. If we compare the torso (chest and abdomen) temperature changes between pre-dilemma and post-dilemma for personal and impersonal dilemmas in the group of high empathy participants, the interaction was significant, $F(1, 19) = 15.37$, $p < .0004$. But this interaction was no significant for the group of low empathy participants, $F(1, 19) = 3.41$, $p > .05$. We found that temperature remained equal in the impersonal dilemma for high and low empathy participants in chest [from $34.4 (1.1)^{\circ}\text{C}$ to $34.2 (0.97)^{\circ}\text{C}$, and from $33.1 (0.75)^{\circ}\text{C}$ to $33.0 (0.86)^{\circ}\text{C}$ respectively] and abdomen (from $35.1 (0.99)^{\circ}\text{C}$ to $34.8 (0.65)^{\circ}\text{C}$, and from $33.2 (1.22)^{\circ}\text{C}$ to $33.1 (1.05)^{\circ}\text{C}$ respectively).

With respect to the impersonal dilemma, the interaction between Group (low empathy, high empathy) and Time (pre-dilemma, post-dilemma) was significant, for face temperature, $F(1, 38) = 21.45$, $p < .0001$ and hand temperature, $F(1, 38) = 11.05$, $p < .005$. Again, there were some significant differences between the conditions “Baseline” and “just after dilemma response” (see Table 5) but only for high empathy participants.

For the high empathy participants, we found they had higher overall nose temperature, $F(1, 19) = 26.89$, $p < .0001$, and mouth temperature, $F(1, 19) = 11.95$, $p < .0013$. They also exhibited higher hand temperature, $F(1, 19) = 10.12$, $p < .0029$, after hearing the impersonal dilemma involving the trolley compared with the baseline. No other body parts showed significant thermal differences for low or high empathy participants in the impersonal dilemma, $F < 1$.

Body Map	Baseline	After Dilemma	F(1,38)	P
Nose	HE 32.5(1.00)°C	HE 33.4(1.08)°C	9.53	.005
	LE 32.2(0.89)°C	LE 32.1(1.15)°C		
Mouth	HE 34.3(1.22)°C	HE 35.2(1.92)°C	10.15	.004
	LE 33.3(0.83)°C	LE 33.1(1.03)°C		
Hand	HE 29.6(0.67)°C	HE 32.5(0.84)°C	30.66	.001
	LE 28.5(0.50)°C	LE 28.8(1.12)°C		

Table 5. Main Thermal Differences Between Groups of High and Low Empathy in the “After Impersonal Dilemma” Condition. Participants with high empathy (HE) and low empathy (LE) for different body parts. “After dilemma” is the thermal measure just after the response to the moral dilemma.

However, no significant thermal changes were found for the low empathy participants with respect to the baseline. In both groups, almost all participants decided to kill the innocent to save the other five persons (91% and 89%, respectively, for high and low empathy groups); the decision took 23 (10) seconds and 18 (11) seconds, respectively, resulting in the differences being non-significant. With respect to state anxiety, the scores were 23.5 (5.5) and 25.8 (7.5) for the high and low empathy participants at the end of the session; again, the differences were not significant.

To summarize, most participants thought it was permissible to divert a train so that it would kill one innocent person instead of five, based on simple utilitarian calculus. But only for high empathetic persons did this decision produce a thermal-emotional body map reaction (arousal effect) that was more attenuated (or less visceral) than for personal dilemmas.

Conclusions

We found the arousal effect (higher temperature in face and hands) together with the visceral effect (lower temperature in torso) in 80% of the high empathy participants, and in 20% of the low empathy participants for the personal moral dilemma. For the impersonal moral dilemma, we found the arousal effect in 90% of the high empathy participants (we also found a visceral effect in four of these participants), and in 30% of the low empathy participants. Hands and face thermograms did not have enough predictive power of type of response in moral dilemmas.

To summarize, we have obtained a thermal bodily map of an intuitive moral judgement during the solution of a personal dilemma. This map consists of an arousal effect (higher

temperature in hands and face) similar to the one obtained by Salazar-López et al. (2015) with the International Affective Picture System (IAPS) (Moltó et al., 2013). The map also consisted of a visceral effect (lower temperature in the torso only for high empathy participants). This full body map is associated with high empathy, personal dilemmas, intuitive thinking, and an emotional, non-utilitarian response.

In the case of moral (impersonal or personal) dilemmas only happened the arousal effect for most of high empathy participants and some of low empathy participants. What means that the arousal effect is not related to the type of moral dilemma or the type response (utilitarian or not utilitarian). However, the visceral effect only occurred for high-empathy participants in the personal dilemma; what this could mean is that it is associated with non-utilitarian responses.

These two thermal effects (arousal effect and visceral effect) together with the valence effect for low arousal conditions (Salazar-López et al., 2015), where face temperature increased with positive stimuli and decreased with negative stimuli, show that there is not a unique response from the autonomous nervous system to different situations, like the general adaptation response to fight or flight. In fact, when these two effects happen together (arousal effect plus visceral effect), we can call this the “thermal love map or the empathy thermal map” or parasympathetic thermal map which is found under different circumstances.

The results showed that upon choosing one of the two options participants were given after being presented with the dilemma, those who possessed more empathy were influenced more greatly by emotional components. They showed a tendency not to provoke damage to another human being. For participants with low empathy, they gave more weight to the rational side. Thereby, they opted to cause damage to another person if this meant they could save a greater number of people or if they could save themselves. Greene, Sommerville, Nystrom, Darley, and Cohen (2005, p. 2107) proposed that the responses to the baby dilemma case is generated by the fact that these actions are “personal”, and such actions generate greater emotional engagement than “impersonal” actions. Our results confirm this emotion-based account at least for high empathy participants. Greene et al. also maintained that a crucial feature of personal acts is that they elicit strong emotions. In fact, personal dilemmas elicited visceral reactions and a high arousal effect for high empathy participants, like our results showed. The activation of this specific thermal map (arousal effect plus visceral effect) is related to short response time (intuitive response) and type of response, not utilitarian.

In next future we will compare the thermographic effects of the personal and impersonal moral dilemmas on the skin of psychopaths - a case of zero empathy (Baron-Cohen, 2012) - and mirror-touch synesthetes - a case of extra high empathy (Banissy & Ward, 2007) -.

Acknowledgments

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Additional Information

Competing financial interests: The authors declare no competing financial interests.

This article takes part of the thesis of the PhD student Moliné, A., from the Mind, Brain, and Behavior Research Center, University of Granada.

APPENDIX 1

ANOVA Interactions between the independent variables Group (low empathy, high empathy) and Time (pre-dilemma, post-dilemma) for different body parts in personal moral dilemma.

Body Map	F(1,38)	P
Forehead	11.95	.0010
Nose	16.76	.0001
Cheeks	9.69	.0030
Mouth	13.32	.0005
Neck	8.50	.0052
Shoulder	9.58	.0050
Chest	14.02	.0011
Abdomen	26.89	.0001
Hand	21.45	.0001
Inner thighs	8.98	.0050
Knees	8.62	.0051
Calves	8.72	.0050

Dependent variable is Temperature (°C) for participants with high empathy (HE) and low empathy (LE) for different body parts. In “pre-dilemma” or Baseline condition and “After dilemma” condition that is the thermal measure after the participants’ response to the personal moral dilemma.

III. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

CAPÍTULO 6.

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS:

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS:

6.1. Compilación de resultados:

Resumen resultados estudio 1

En el primer estudio que compone esta tesis doctoral, hemos hallado que en la condición donde los sujetos no debían hacer nada, simplemente les dejábamos a solas en una habitación sin ningún elemento distractor, la temperatura descendió en la nariz y en la frente. Curiosamente, esta sesión fue definida por más de la mitad de los participantes como “desagradable o negativa”. En la otra condición experimental, donde se practicaba *mindfulness* durante 15 minutos, los participantes mostraron un aumento de la temperatura de la frente y de la nariz. Todos los participantes de esta condición, describieron la experiencia como tranquila, relajante y positiva.

Resumen resultados estudio 2

En el primer estudio de esta serie experimental, obtuvimos dos marcadores fisiológicos (la temperatura de la mano y la nariz) que acompañan a la mentira. Dichos resultados nos impulsaron a plantear el segundo estudio en el que, añadiendo el CST aplicado a la mano dominante durante la llamada, obtuvimos un nuevo marcador (el porcentaje de recuperación de temperatura de la mano) que supuso una importante mejora del porcentaje de aciertos y falsas alarmas a la hora de detectar mentiras. Adicionalmente, en este segundo estudio conseguimos discriminar entre estrés y mentira mediante el patrón térmico obtenido en cada condición experimental. Cuando los sujetos sentían estrés, comparándolo con la condición en la que mentían, la recuperación térmica de la mano era significativamente más rápida. Finalmente, en el tercer estudio de esta serie experimental sobre la mentira, añadimos un nuevo escenario experimental siguiendo un tipo de entrevista usada en la literatura previa, la cual ofrece buenos resultados para detectar mentiras. Además, eliminamos el uso del teléfono móvil y añadimos recompensas para quien consiguiese pasar nuestra prueba de detección de mentiras para conseguir así motivarlos. Obtuvimos porcentajes de acierto del 85 % detectando mentirosos, con un porcentaje de falsas alarmas que se redujo hasta el 25 %.

Resumen resultados estudio 3

Como principales resultados, hemos encontrado mayores cambios térmicos en participantes con altos niveles de empatía, obteniendo un patrón fijo de cambios térmicos que conforma el mapa térmico corporal de un juicio moral emocional. Este mapa consiste en la suma del efecto arousal (subida de temperatura en manos y cara) más el efecto visceral (descenso de temperatura en el torso). Estos mismos participantes, con puntuaciones elevadas en empatía, tendieron a tomar decisiones no utilitarias. Por su parte, los participantes con baja empatía, tendieron mayoritariamente a tomar decisiones utilitarias y sus cambios térmicos corporales no fueron significativos. En cuanto al tiempo que les llevaba tomar una decisión, los participantes con alta empatía fueron más rápidos decidiendo que los bajos en empatía.

6.2. Discusión y conclusiones del estudio 1:

Tal como encontraron Wilson et al. (2014), en nuestro primer estudio hemos corroborado que para la gente resulta desagradable encontrarse a solas con sus pensamientos, aunque sea por periodos breves de tiempo (15 minutos). En nuestro caso, más de la mitad de los participantes en el estudio así lo declararon. Este dato es importante puesto que manejar nuestra voz interna de manera adecuada, tal como lo hacen quienes practican *mindfulness*, podría ser un indicador de salud mental y buen funcionamiento psicológico, ya que un funcionamiento alterado de nuestro diálogo interno es considerado como síntoma de algunos trastornos psicológicos (rumiación excesiva en la depresión o las alucinaciones verbales auditivas en esquizofrenia; Perrone-Bertolotti, Rapin, Lachaux, Baciú, & Loevenbruck, 2014).

De igual manera, se cumplen nuestras hipótesis sobre los marcadores psicofisiológicos de la red neuronal por defecto y la red atencional, puesto que hemos encontrado patrones térmicos opuestos para cada una de las condiciones. Dichos patrones reflejan dos cosas: la primera de ellas es que ambas condiciones son opuestas en su patrón térmico; la segunda es que la dirección de dichos cambios térmicos es acorde a la valoración de agradable para la condición de *mindfulness* y desagradable para la condición de no hacer nada. En la condición de *mindfulness*, el aumento de la temperatura nasal se relaciona con un dominio del sistema nervioso parasimpático, mientras que en la condición no hacer nada, el descenso de temperatura nasal se puede interpretar como un efecto derivado de la situación de estrés o de arousal bajo y negativo.

Una posible ampliación de esta investigación, sería intentar explorar si los practicantes de *mindfulness* encuentran la situación de estar a solas con sus pensamientos como positiva y agradable, así como estudiar el patrón térmico que acompaña a dicha experiencia. Sería igualmente

interesante intervenir en un grupo de sujetos que nunca hayan practicado *mindfulness* frente a otro de expertos en dicha práctica y realizar comparaciones pre y pos intervención de sus patrones térmicos. Esto podría clarificar si tendría sentido o no hacer intervenciones terapéuticas basadas en *mindfulness* en personas que presenten rumiación excesiva.

6.3. Discusión y conclusiones del estudio 2:

Nuestra investigación sobre termografía y mentira ha mostrado unos resultados muy sólidos que suponen una aportación importante sobre lo que encontramos en la literatura previa. En primer lugar, hemos conseguido diferenciar la experiencia de estrés de la de mentira mediante sus correspondientes patrones térmicos. Para ello, ha sido de especial relevancia la inclusión de la mano, aplicando sobre ella el CST, cuya recuperación térmica no se ve afectada por el estrés psicológico pero sí por la mentira. Además, diseñar este protocolo nos ha permitido también aumentar el porcentaje de aciertos (alcanzando un 85% de precisión) y disminuir las falsas alarmas (25 % de falsos positivos), lo cual supone un notable avance respecto a los porcentajes obtenidos por otras técnicas (algunas de las cuales apenas superan el 50% de acierto, lo cual no es muy significativo teniendo en cuenta que si tomamos al azar dicha decisión estaremos obteniendo porcentajes similares). A dicha mejora ha contribuido también el haber aumentado la carga cognitiva de los participantes, pidiéndoles que nos contasen su relato en orden cronológico inverso. Todos estos factores suponen un avance respecto a los estudios previos que aplican la termografía a la detección de la mentira puesto que la mayoría de ellos obtienen porcentajes menos precisos e incluso no consiguen discriminar entre estrés y mentira, o no se benefician de los hallazgos de otras investigaciones sobre la mentira que apuntan a un papel clave de la carga cognitiva.

Por lo tanto, estos resultados nos empujan hacia seguir mejorando el protocolo de aplicación de la termografía en detección de mentiras, en aras de obtener porcentajes cada vez más precisos. De hecho, ya hemos realizado algunos estudios piloto al respecto, con novedades tales como manipular la actitud del entrevistador (colaborador/hostil), añadir medidas fisiológicas como la recuperación de la tasa cardíaca tras aplicar el CST o distinguir entre tipos de mentiras (biográficas, de intención, de hechos, de opinión...) y los resultados parecen apuntar a una mayor precisión discriminativa, por lo tanto seguiremos trabajando en ello en próximos estudios.

Otra posible línea futura es aunar la termografía a otras técnicas de detección de mentira que pudieran suponer una potenciación de la detección de la mentira, como por ejemplo el análisis de estrés vocal, o el análisis del discurso de quien miente (número de palabras totales, número de palabras que dedica al hecho por el que ha sido preguntado, número de palabras referidas a

emociones, cogniciones, etc.). Como inconveniente, cabría señalar que añadir alguna otra técnica supondría hacer el análisis de los resultados más tedioso y lento, por lo que si pensamos en aplicaciones prácticas (detección de mentira en aeropuertos o fronteras) donde necesitamos que se detecte a mentirosos de forma precisa pero también rápida, se vería perjudicada su aplicabilidad y valor ecológico.

6.4. Discusión y conclusiones del estudio 3:

En cuanto al tercer estudio descrito en la presente tesis doctoral, la aplicación de la termografía a los dilemas morales, nos ha permitido obtener resultados satisfactorios que van más allá de los encontrados hasta ahora cuando la termografía se ha aplicado a otros aspectos de la psicología. Grabar el torso, además de las manos y cara como se ha hecho anteriormente, nos ha permitido definir un patrón térmico para el estrés y otro para la empatía, los cuales podríamos considerar casi como opuestos. Se cumple así una de nuestras hipótesis que se basaba en encontrar marcadores psicofisiológicos (mapas térmicos) para las respuestas utilitarias y no utilitarias.

Tras haber encontrado estos interesantes resultados, hemos diseñado nuevos experimentos con dilemas morales de distinto tipo. El haber encontrado un mapa térmico de la empatía, nos abre la posibilidad de crear distintos estímulos por los que el sujeto pueda sentir empatía y consecuentemente poder detectar dicho estado en el sujeto. Esto sería aplicable, por ejemplo, a la detección de terroristas en fronteras o aeropuertos, aplicando estímulos visuales o auditivos (imágenes de atentados terroristas, de sus autores, de contenido religioso...) o dilemas morales en los que la situación descrita trate sobre algún escenario en la que el terrorismo juegue un papel importante. Dicha metodología ha sido ya probada en experimentos pilotos en nuestro laboratorio ofreciendo resultados prometedores sobre los que debemos seguir trabajando. El terrorismo ha sido una de las aplicaciones que hemos probado ya, pero no cabe duda de que las áreas potenciales en las que podría aplicarse son muy numerosas (machismo, violadores, pederastia, racismo, etc.).

6.5. Perspectivas futuras:

Todos los trabajos realizados durante estos últimos años, que componen la presente tesis doctoral, nos abren diferentes líneas de trabajo futuras muy prometedoras. La termografía como técnica aplicada a la psicología podemos considerarla como un área experimental que está dando sus primeros pasos, por lo que, observando los sólidos resultados que ofrece, debe ser una tecnología muy a tener en cuenta de cara a los próximos años.

Esta tesis doctoral, ha explorado a través de la termografía nuevas áreas de la psicología y ha potenciado los resultados de otras en las que ya se aplicaba. Reflexionando sobre los hallazgos globales descritos en este trabajo de investigación, debemos optar sin duda por continuar indagando en esta área experimental para poder seguir resolviendo las incógnitas que aún quedan por resolver. Los resultados obtenidos invitan a seguir aplicando la termografía a la ciencia psicológica. En general, las investigaciones aquí descritas suponen un avance importante respecto a la literatura previa en esta novedosa y prometedora área que es la psico-termografía.

Las áreas en las que podría aplicarse, van desde las descritas en esta tesis hasta aplicaciones clínicas para detectar ansiedad, estrés postraumático o detección del suicidio en sujetos tales como los pilotos aéreos, pudiendo evitar casos como el acontecido en 2015 cuando un piloto de avión decidió quitarse la vida a los mandos de su aparato, estrellándose con todos los pasajeros dentro del mismo. Podría ser igualmente útil para evaluar los efectos de la rehabilitación en maltratadores o conductores temerarios, o en el campo del marketing, ya que al no necesitar contacto con el sujeto, podría detectarse el comportamiento de los consumidores y su proceso de toma de decisiones cuando se encuentran ante un proceso de compra.

Un área muy interesante que ya se está estudiando es la capacidad discriminativa de emociones a través de la termografía en la interacción hombre-máquina. Conocer las emociones de nuestro interlocutor es una de las claves para una correcta comunicación entre ambas partes. Una cámara termográfica insertada en un robot puede llegar a ser una herramienta excelente a la hora de cumplir dicho propósito, detectando en la cara del interlocutor los distintos cambios térmicos asociados a diferentes emociones. Nuestras investigaciones muestran que incluir también el torso nos ofrece una mayor capacidad discriminativa, pero no podemos negar aún que se puedan detectar distintas emociones atendiendo solo a la cara. Añadir algunas otras herramientas, como los *software* de detección de microexpresiones faciales, pueden ser de ayuda. Futuras investigaciones aclararán hasta qué punto la termografía será útil en este campo.

REFERENCIAS

- Abouelenien, M., Perez-Rosas, V., Burzo, M., & Mihalcea, R. (2016). Detecting deceptive behavior via integration of discriminative features from multiple modalities. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, *12*(5), 1042–1055. doi:10.1109/TIFS.2016.2639344
- 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. doi: 10.1007/BF01542196
- Adams, A. K., Nelson, R. A., Bell, E. F., & Egoavil, C. A. (2000). Use of infrared thermographic calorimetry to determine energy expenditure in preterm infants. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *71*(4), 969-977.
- Agnew, Z., & Wise, R. J. (2008). Separate areas for mirror responses and agency within the parietal operculum. *Journal of Neuroscience*, *28*(47), 12268-12273. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2836-08.2008
- Ammer, K. (2003). Need for standardisation of measurements in thermal imaging. *Thermography and Lasers in Medicine. Akademickie Centrum Graficzno-Marketigowe Lodart SA, Lodz*, 13-18.
- Ammer, K. (2006). Influence of imaging and object conditions on temperature readings from medical infrared images. *Polish Journal of Environmental Studies*, *15*, 117-9.
- Ammer, K. (2008). The Glamorgan Protocol for recording and evaluation of thermal images of the human body. *Thermology international*, *18*(4), 125-144.
- Antonio-Rubio, I., Madrid-Navarro, C. J., Salazar-López, E., Pérez-Navarro, M. J., Sáez-Zea, C., Gómez-Milán, E., ... Escamilla-Sevilla, F. (2015). Abnormal thermography in Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders*, *21*(8), 852-857. doi:10.1016/j.parkreldis.2015.05.006
- Banissy, M. J., & Ward, J. (2007). Mirror-touch synesthesia is linked with empathy. *Nature Neuroscience*, *10*, 815-816. doi:10.1038/nn1926

- Barbosa, F. A. P. (2014). *Anthropometric thermal assessment method for early injuries in athletes*. (Tesis de maestría) Facultad de Ingeniería, Universidad de Oporto, Portugal.
- Baron-Cohen, S. (2012). *Empatía cero: Nueva teoría de la crueldad [Zero degrees of empathy: A new theory of human cruelty]*. Madrid, Spain: Alianza.
- Bartlett, J. W., & Frost, C. (2008). Reliability, repeatability and reproducibility: analysis of measurement errors in continuous variables. *Ultrasound in obstetrics & gynecology*, 31(4), 466-475. doi: 10.1002/uog.5256
- Betsch, C., & Kunz, J. J. (2008). Individual strategy preferences and decisional fit. *Journal of Behavioral Decision Making*, 21, 532-555. doi:10.1002/bdm.600
- Bharara, M., Viswanathan, V., & Cobb, J. E. (2008). Cold immersion recovery responses in the diabetic foot with neuropathy. *International Wound Journal*, 5(4), 562-569. doi:10.1111/j.1742-481X.2008.00454.x
- Bianchi, S., Gatti, G., & Mecozzi, B. (1979). Circadian variations in the cutaneous thermal map in normal subjects. *Acta Thermographic*, 4, 3.
- Binder, A., Parr, G., Thomas, R. P., & Hazleman, B. (1983). A clinical and thermographic study of lateral epicondylitis. *Rheumatology*, 22(2), 77-81. doi: 10.1093/rheumatology/22.2.77
- Bornmyr, S., & Svensson, H. (1991). Thermography and laser-Doppler flowmetry for monitoring changes in finger skin blood flow upon cigarette smoking. *Clinical physiology*, 11(2), 135-141. doi: 10.1111/j.1475-097X.1991.tb00106.x
- Brewster, A. L., Nelson, J. P., McCanne, T. R., Lucas, D. R., & Milner, J. S. (1998). Gender differences in physiological reactivity to infant cries and smiles in military families. *Child Abuse & Neglect*, 22, 775-788. doi:10.1016/S0145-2134(98)00055-6
- 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. doi: 10.1196/annals.1440.011.

- Cardone, D., & Merla, A. (2017). New Frontiers for Applications of Thermal Infrared Imaging Devices: Computational Psychophysiology in the Neurosciences. *Sensors*, *17*(5), 1042. doi: 10.3390/s17051042.
- Charkoudian, N. (2003). Skin blood flow in adult human thermoregulation: how it works, when it does not, and why. *In Mayo Clinic Proceedings*, *78*, 5, pp. 603-612. doi: org/10.4065/78.5.603
- Cheng, V. S., Bai, J., & Chen, Y. (2009). A high-resolution three-dimensional far-infrared thermal and true-color imaging system for medical applications. *Medical Engineering & Physics*, *31*(9), 1173-1181. doi: 10.1016/j.medengphy.2009.07.016
- Chiang, M. F., Lin, P. W., Lin, L. F., Chiou, H. Y., Chien, C. W., Chu, S. F., & Chiu, W. T. (2008). Mass screening of suspected febrile patients with remote-sensing infrared thermography: alarm temperature and optimal distance. *Journal of the Formosan Medical Association*, *107*(12), 937-944. doi: 10.1016/S0929-6646(09)60017-6.
- Chien, S. (1967). Role of the sympathetic nervous system in hemorrhage. *Physiological reviews*, *47*(2), 214-288.
- Chlebicka, I., Matusiak, L., Baran, E., & Szepietowski, J. (2012). Freezing fingers syndrome, primary and secondary Raynaud's phenomenon: Characteristic feature with hand thermography. *Acta Dermato-Venereologica*, *27*. doi:10.2340/00015555-1508.
- Choe, S. Y., & Min, K. H. (2011). Who makes utilitarian judgments? The influences of emotions on utilitarian judgments. *Judgment and Decision Making*, *6*, 580-592.
- Christensen, J. F., & Gomila, A. (2012). Moral dilemmas in cognitive neuroscience of moral decision-making: A principled review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *36*, 1249-1264. doi:10.1016/j.neubiorev.2012.02.008
- Chudecka, M., Lubkowska, A., & Kempieńska-Podhorodecka, A. (2014). Body surface temperature distribution in relation to body composition in obese women. *Journal of thermal biology*, *43*, 1-6. doi: 10.1016/j.jtherbio.2014.03.001

- Churchland, P. S. (2011). *Braintrust: What neuroscience tells us about morality*. Princeton University Press.
- Coli, M., Fontanella, L., Ippoliti, L., & Merla, A. (2007). Multiresolution KLE of psychophysiological signals. *Proceedings of Fifth Conference on Complex Models and Computational Intensive Methods for Estimation and Prediction, Book of Short Papers*, 116-121.
- Colwell, K., Hiscock-Anisman, C. K., Memon, A., Taylor, L., & Prewett, J. (2007). Assessment Criteria Indicative of Deception (ACID): An integrated system of investigative interviewing and detecting deception. *Journal of Investigative Psychology and Offender Profiling*, 4(3), 167-180. doi:10.1002/jip.73
- Colwell, L. H., Miller, H. A., Lyons, P. M., & Miller, R. S. (2006). The training of law enforcement officers in detecting deception: A survey of current practices and suggestions for improving accuracy. *Police Quarterly*, 9(3), 275-290. doi:10.1177/1098611104273293
- Cushman, F., Gray, K., Gaffey, A., & Mendes, W. B. (2012). Simulating murder: The aversion to harmful action. *Emotion*, 12, 1-7. doi:10.1037/a0025071
- De Andrade Fernandes, A., dos Santos Amorim, P. R., Brito, C. J., de Moura, A. G., Moreira, D. G., Costa, C. M. A., Sillero-Quintana, M. & Marins, J. C. B. (2014). Measuring skin temperature before, during and after exercise: a comparison of thermocouples and infrared thermography. *Physiological Measurement*, 35(2), 189. doi: 10.1088/0967-3334/35/2/189
- De Boer, A., Van Buel, E. M., & Ter Horst, G. J. (2012). Love is more than just a kiss: A neurobiological perspective on love and affection. *Neuroscience*, 201, 114-124. doi:10.1016/j.neuroscience.2011.11.017
- Decety, J. (2011). Dissecting the neural mechanisms mediating empathy. *Emotion Review*, 3(1), 92-108. doi:10.1177/1754073910374662
- Decety, J., & Svetlova, M. (2012). Putting together phylogenetic and ontogenetic perspectives on empathy. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2(1), 1-24. doi:10.1016/j.dcn.2011.05.003

- DePaulo, B. M., Lindsay, J. J., Malone, B. E., Muhlenbruck, L., Charlton, K., & Cooper, H. (2003). Cues to deception. *Psychological Bulletin*, *129*, 74–112. doi:10.1037/0033-2909.129.1.74
- Dickenson, J., Berkman, E. T., Arch, J., & Lieberman, M. D. (2013). Neural correlates of focused attention during a brief mindfulness induction. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *8*(1), 40-47. doi: 10.1093/scan/nss030
- Duarte, A., Carrão, L., Espanha, M., Viana, T., Freitas, D., Bártolo, P., Faria, P., & Almeida, H. A. (2014). Segmentation algorithms for thermal images. *Procedia Technology*, *16*, 1560-1569. doi: 10.1016/j.protcy.2014.10.178
- Eisenberg, N., & Eggum, N. D. (2009). Empathic responding: Sympathy and personal distress. In J. Decety & W. Ickes (Eds.), *The Social Neuroscience of Empathy* (pp. 71-83). Massachusetts Institute of Technology Press.
- Ekman, P. (2001). *Telling lies: Clues to deceit in the marketplace, politics, and marriage*. New York, NY: Norton.
- Ekman, P., O'Sullivan, M., Friesen, W. V., & Scherer, K. (1991). Invited article: Face, voice, and body in detecting deceit. *Journal of Nonverbal Behavior*, *15*, 125–135. doi:10.1007/BF00998267
- Engert, V., Merla, A., Grant, J. A., Cardone, D., Tusche, A., & Singer, T. (2014). Exploring the use of thermal infrared imaging in human stress research. *PloS One*, *9*, e90782. doi:10.1371/journal.pone.0090782
- Everett, J. A., Pizarro, D. A., & Crockett, M. J. (2016). Inference of trustworthiness from intuitive moral judgments. *Journal of Experimental Psychology: General*, *145*, 772-787. doi:10.1037/xge0000165
- Ewing, K.L., Davison, T.W., Ferguson, J.L. (1973) Effects of activity, alcohol, smoking and the menstrual cycle on liquid crystal breast thermography. *The Ohio Journal of Science*. *73*, 1, 55-58.

- Fernández-Cuevas, I. (2012) *Efecto del entrenamiento de resistencia, velocidad y fuerza en la temperatura de la piel a través de la termografía infrarroja*. Tesis (Doctoral), Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF), Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Fernández-Cuevas, I., Marins, J. C. B., Lastras, J. A., Carmona, P. M. G., Cano, S. P., García-Concepción, M. Á., & Sillero-Quintana, M. (2015). Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infrared Physics & Technology*, 71, 28-55. doi: 10.1016/j.infrared.2015.02.007
- Fernández-Cuevas, I., Marins, J. C., Gómez Carmona, P. M., Concepción, G., Miguel, A., Arnáiz Lastras, J. & Sillero Quintana, M. (2012). Reliability and reproducibility of skin temperature of overweight subjects by an infrared thermography software designed for human beings. *Thermology International*, 22, 130-137.
- Fernández-Pinto, I., & López-Pérez, B. (2008). Empatía: Medidas, teorías y aplicaciones en revisión [Empathy: Measures, theories and applications in reviews]. *Anales de Psicología*, 24, 284-298.
- Ferreira, J. J., Mendonça, L. C., Nunes, L. A., Andrade Filho, A. C., Rebelatto, J. R., & Salvini, T. F. (2008). Exercise-associated thermographic changes in young and elderly subjects. *Annals of biomedical engineering*, 36(8), 1420-1427. doi: 10.1007/s10439-008-9512-1
- Finch, M. B., Copeland, S., Leahey, W. J., & Johnston, G. D. (1987). Short-term effects of alcohol on peripheral blood flow, platelet aggregation and noradrenaline output in normal man. *International Journal of Tissue Reactions*, 10(4), 257-260.
- Floyd, K., Boren, J. P., Hannawa, A. F., Hesse, C., McEwan, B., & Veksler, A. E. (2009). Kissing in marital and cohabiting relationships: Effects on blood lipids, stress, and relationship satisfaction. *Western Journal of Communication*, 73, 113-133. doi:10.1080/10570310902856071
- Fournet, D., Redortier, B. and Havenith, G., (2012). A method for whole-body skin temperature mapping in humans. *Thermology International*, 22(4), 157-159.

- Frank, M. G., & Ekman, P. (1997). The ability to detect deceit generalizes across different types of high stake lies. *Journal of Personality and Social Psychology*, 72, 1429–1439. doi:10.1037/0022-3514.72.6.1429
- Frazzetto, G. (2014). *Joy, guilt, anger, love: What neuroscience can —and can't— tell us about how we feel*. New York, NY: Penguin.
- Frodi, A. M., Lamb, M. E., Leavitt, L. A., & Donovan, W. L. (1978). Fathers' and mothers' responses to infant smiles and cries. *Infant Behavior and Development*, 1, 187-198. doi: 10.1016/S0163-6383(78)80029-0
- Genno, H., Ishikawa, K., Kanbara, O., Kikumoto, M., Fujiwara, Y., Suzuki, R., & Osumi, M. (1997). Using facial skin temperature to objectively evaluate sensations. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19(2), 161-171. doi: 10.1016/S0169-8141(96)00011-X
- Germer, C. K., & Siegel, R. D. (2012). *Wisdom and compassion in psychotherapy: Deepening mindfulness in clinical practice*. New York, EEUU: Guilford Press.
- Gershon-Cohen, J., & Habennan, J. D. (1968). Thermography of smoking. *Archives of Environmental Health*, 16(5), 637-641. doi: 10.1080/00039896.1968.10665120
- Gleichgerricht, E., & Young, L. (2013). Low levels of empathic concern predict utilitarian moral judgment. *PloS One*, 8, e60418. doi:10.1371/journal.pone.0060418
- Glickman-Weiss, E. L., Hearon, C. M., Nelson, A. G., & Kime, J. (1996). Relationship between thermoregulatory parameters and DEXA-estimated regional fat. *Wilderness & Environmental Medicine*, 7(1), 19-27. doi: 10.1580/1080-6032(1996)007[0019:RBTPAD]2.3.CO;2
- Gołaszewski, M., Zajac, P., & Widacki, J. (2015). Thermal vision as a method of detection of deception: A review of experiences. *European Polygraph*, 9(1), 5-24. doi:10.1515/ep-2015-0001

- Gómez-Carmona, P. M. (2012). *Influencia de la información termográfica infrarroja en el protocolo de prevención de lesiones de un equipo de fútbol profesional español* (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Gómez-Milán, E., & de Córdoba, M. J. (2014). *Flexibilidad Mental*. Fundación Internacional Artecittà.
- Greely, H. T., & Illes, J. (2007). Neuroscience-based lie detection: The urgent need for regulation. *American Journal of Law & Medicine*, *33*(2-3), 377-431. doi:10.1177/009885880703300211
- Greene, J. (2014). *Moral tribes: Emotion, reason and the gap between us and them*. London, United Kingdom: Atlantic Books.
- Greene, J. D., Morelli, S. A., Lowenberg, K., Nystrom, L. E., & Cohen, J. D. (2008). Cognitive load selectively interferes with utilitarian moral judgment. *Cognition*, *107*, 1144–1154. doi:10.1016/j.cognition.2007.11.004
- Greene, J. D., Nystrom, L. E., Engell, A. D., Darley, J. M., & Cohen, J. D. (2004). The neural bases of cognitive conflict and control in moral judgment. *Neuron*, *44*, 389-400. doi:10.1016/j.neuron.2004.09.027
- Greene, J. D., Sommerville, R. B., Nystrom, L. E., Darley, J. M., & Cohen, J. D. (2001). An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgment. *Science*, *293*, 2105-2108. doi:10.1126/science.1062872
- Greene, J., & Haidt, J. (2002). How (and where) does moral judgment work?. *Trends in Cognitive Sciences*, *6*, 517-523. doi:10.1016/S1364-6613(02)02011-9
- Greicius, M. D., Supekar, K., Menon, V., & Dougherty, R. F. (2009). Resting-state functional connectivity reflects structural connectivity in the default mode network. *Cerebral Cortex*, *19*(1), 72-78. doi: 10.1093/cercor/bhn059
- Haddy, F. J., Overbeck, H. W., & Daugherty, R. M. (1968). Peripheral vascular resistance. *Annual Review of Medicine*, *19*(1), 167-194. doi: 10.1146/annurev.me.19.020168.001123

- Hahn, A. C., Whitehead, R. D., Albrecht, M., Lefevre, C. E., & Perrett, D. I. (2012). Hot or not? Thermal reactions to social contact. *Biology Letters*, 8, 864-867. doi:10.1098/rsbl.2012.0338
- Harada, S., Agarwal, D. P., & Goedde, H. W. (1981). Aldehyde dehydrogenase deficiency as cause of facial flushing reaction to alcohol in Japanese. *The Lancet*, 318, 982. doi: 10.1016/S0140-6736(81)91172-7
- Hodges, S. D., & Klein, K. J. (2001). Regulating the costs of empathy: The price of being human. *Journal of Socio-Economics*, 30, 437-452. doi:10.1016/S1053-5357(01)00112-3
- Hoge, E. A., Bui, E., Goetter, E., Robinaugh, D. J., Ojserkis, R. A., Fresco, D. M., & Simon, N. M. (2015). Change in decentering mediates improvement in anxiety in mindfulness-based stress reduction for generalized anxiety disorder. *Cognitive Therapy and Research*, 39(2), 228-235. doi: 10.1007/s10608-014-9646-4
- Hughes, J. H., Henry, R. E., & Daly, M. J. (1984). Influence of ethanol and ambient temperature on skin blood flow. *Annals of emergency medicine*, 13(8), 597-600. doi: 10.1016/S0196-0644(84)80282-6
- Iacoboni, M. (2009). *Mirroring people: The new science of how we connect with others*. New York, NY: Macmillan.
- Ickes, W., Stinson, L., Bissonnette, V., & Garcia, S. (1990). Naturalistic social cognition: Empathic accuracy in mixed-sex dyads. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59, 730-742. doi:10.1037/0022-3514.59.4.730
- Ioannou, S., Ebisch, S., Aureli, T., Bafunno, D., Ioannides, H. A., Cardone, D., ... Merla, A. (2013). The autonomic signature of guilt in children: A thermal infrared imaging study. *PloS One*, 8, e79440. doi:10.1371/journal.pone.0079440
- Ioannou, S., Gallese, V., & Merla, A. (2014). Thermal infrared imaging in psychophysiology: potentialities and limits. *Psychophysiology*, 51(10), 951-963. doi: 10.1111/psyp.12243

- Ioannou, S., Morris, P., Mercer, H., Baker, M., Gallese, V., & Reddy, V. (2014). Proximity and gaze influences facial temperature: A thermal infrared imaging study. *Frontiers in Psychology*, 5, 845. doi:10.3389/fpsyg.2014.00845
- Ioannou, S., Morris, P., Terry, S., Baker, M., Gallese, V., & Reddy, V. (2016). Sympathy Crying: Insights from Infrared Thermal Imaging on a Female Sample. *PloS one*, 11(10), e0162749. doi: 10.1371/journal.pone.0162749
- Ivanitsky, G. R., Khizhnyak, E. P., Deev, A. A., & Khizhnyak, L. N. (2006). Thermal imaging in medicine: A comparative study of infrared systems operating in wavelength ranges of 3–5 and 8–12 μm as applied to diagnosis. *Doklady Biochemistry and Biophysics*, 407, 1, 59-63). doi: 10.1134/S1607672906020049
- James, W. (1892). *The stream of consciousness*, in *Psychology*, Chapter XI (Cleveland, New York: World Publishing Company).
- Jones, B. F. (1998). A reappraisal of the use of infrared thermal image analysis in medicine. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 17(6), 1019-1027. doi: 10.1109/42.746635
- Jones, B. F., & Plassmann, P. (2002). Digital infrared thermal imaging of human skin. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 21(6), 41-48. doi: 10.1109/MEMB.2002.1175137
- Kabat-Zinn, J. (1994). *Wherever you go, there you are: Mindfulness meditation in everyday life*. New York: Hyperion.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. New York, NY: Macmillan.
- Killingsworth, M. A., & Gilbert, D. T. (2010). A wandering mind is an unhappy mind. *Science*, 330(6006), 932-932. doi: 10.1126/science.1192439
- Kistler, A., Mariauzouls, C., & von Berlepsch, K. (1998). Fingertip temperature as an indicator for sympathetic responses. *International Journal of Psychophysiology*, 29(1), 35-41. doi: 10.1016/S0167-8760(97)00087-1

- Knab, A. M., Shanely, R. A., Corbin, K. D., Jin, F., Sha, W., & Nieman, D. C. (2011). A 45-minute vigorous exercise bout increases metabolic rate for 14 hours. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(9), 1643-1648. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182118891
- Knight, S. (2011). Using the ultimatum game to teach economic theories of relationship maintenance to A-level students. *Psychology Teaching Review*, 17, 46-49.
- Koot, P., & Deurenberg, P. (1995). Comparison of changes in energy expenditure and body temperatures after caffeine consumption. *Annals of nutrition and metabolism*, 39(3), 135-142. doi: 10.1159/000177854
- Krauchi, K., & Wirz-Justice, A. (1994). Circadian rhythm of heat production, heart rate, and skin and core temperature under unmasking conditions in men. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 267(3), 819-829.
- Kukkonen, T. M., Binik, Y. M., Amsel, R., & Carrier, S. (2007). Thermography as a Physiological Measure of Sexual Arousal in Both Men and Women. *The journal of sexual medicine*, 4(1), 93-105. doi: 10.1111/j.1743-6109.2006.00399.x
- Kuraoka, K., & Nakamura, K. (2011). The use of nasal skin temperature measurements in studying emotion in macaque monkeys. *Physiology & behavior*, 102(3), 347-355. doi: 10.1016/j.physbeh.2010.11.029
- Lahiri, B. B., Bagavathiappan, S., Jayakumar, T., & Philip, J. (2012). Medical applications of infrared thermography: a review. *Infrared Physics & Technology*, 55(4), 221-235. doi: 10.1016/j.infrared.2012.03.007
- Lahiri, B. B., Bagavathiappan, S., Soumya, C., Jayakumar, T., & Philip, J. (2015). Infrared thermography based studies on mobile phone induced heating. *Infrared Physics & Technology*, 71, 242-251. doi:10.1016/j.infrared.2015.04.010
- Levenson, R. W., & Ruef, A. M. (1992). Empathy: A physiological substrate. *Journal of Personality and Social Psychology*, 63, 234-246. doi:10.1037/0022-3514.63.2.234

- Limonero, J. T., Fernández-Castro, J., Soler-Oritja, J., & Álvarez-Moleiro, M. (2015). Emotional intelligence and recovering from induced negative emotional state. *Frontiers in psychology*, 6. doi:10.3389/fpsyg.2015.00816
- López-Pérez, B., Fernández-Pinto, I., & Abad, F. J. (2008). *TECA: Test de empatía cognitiva y afectiva [TECA: Cognitive and affective empathy test]*. Madrid, Spain: TEA.
- Lovullo, W. (1975). The cold pressor test and autonomic function: A review and integration. *Psychophysiology*, 12, 268–282. doi:10.1111/j.1469-8986.1975.tb01289.x
- Lu, H., Song, Y., Xu, M., Wang, X., Li, X., & Liu, J. (2014). The brain structure correlates of individual differences in trait mindfulness: a voxel-based morphometry study. *Neuroscience*, 272, 21-28. doi: 10.1016/j.neuroscience.2014.04.051.
- Ludwig, N., Formenti, D., Gargano, M., & Alberti, G. (2014). Skin temperature evaluation by infrared thermography: Comparison of image analysis methods. *Infrared Physics & Technology*, 62, 1-6. doi: 10.1016/j.infrared.2013.09.011
- Maddook, W. G., & Coller, F. A. (1932). Peripheral vaso-constriction by tobacco demonstrated by skin temperature changes. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 29(4), 487-488. doi: 10.3181/00379727-29-5941
- Mannara, G., Salvatori, G. C., & Pizzuti, G. P. (1993). Ethyl alcohol induced skin temperature changes evaluated by thermography. Preliminary results. *Bollettino della Societa italiana di biologia sperimentale*, 69(10), 587-594.
- Mason, P., & Bartal, I. B. A. (2010). How the social brain experiences empathy: Summary of a gathering. *Social Neuroscience*, 5(2), 252–256. doi:10.1080/17470911003589085
- Melnizky, P., & Ammer, K. (2000). The influence of alcohol and smoking on the skin temperature of the face, hands and knee joints. *Thermology International*, 10(4), 191-195.
- Mize, T. D., & Myers, T. (2011). Exploring racial differences on the measurement and experience of emotion. *The Journal for Undergraduate Research Opportunities*.

- Mizukami, K., Kobayashi, N., Iwata, H., & Ishii, T. (1987). Telethermography in infant's emotional behavioural research. *The Lancet*, 330(8549), 38-39.
- Moliné, A., & Gómez-Milán, E. (2017, February). El calor de un beso [The heat of a kiss]. *Quo*, pp. 64–70
- Moliné, A., Gálvez-García, G., Fernández-Gómez, J., De la Fuente, J., Iborra, O., Tornay, F., ... Gómez Milán, E. (2017). The Pinocchio effect and the cold stress test: Lies and thermography. *Psychophysiology*. Accepted for publication. doi:10.1111/psyp.12956
- Moltó, J., Segarra, P., López, R., Esteller, À., Fonfría, A., Pastor, M. C., & Poy, R. (2013). Adaptación española del "International Affective Picture System" (IAPS): tercera parte [Spanish adaptation of the "International Affective Picture System" (IAPS): third part]. *Anales de Psicología*, 29, 965-984. doi:10.6018/analesps.29.3.153591
- Morris, J. S., deBonis, M., & Dolan, R. J. (2002). Human amygdala responses to fearful eyes. *Neuroimage*, 17, 214-222. doi: 10.1006/nimg.2002.1220
- Navarrete, C. D., McDonald, M. M., Mott, M. L., & Asher, B. (2012). Virtual morality: Emotion and action in a simulated three-dimensional "trolley problem". *Emotion*, 12, 364-370. doi:10.1037/a0025561
- Navarro, X. (2002). Fisiología del sistema nervioso autónomo. *Revista Neurológica*, 35(6), 553-62.
- Ng, E. K. (2009). A review of thermography as promising non-invasive detection modality for breast tumor. *International Journal of Thermal Sciences*, 48(5), 849-859. doi: 10.1016/j.ijthermalsci.2008.06.015
- Nhan, B. R., & Chau, T. (2010). Classifying affective states using thermal infrared imaging of the human face. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 57(4), 979-987. doi: 10.1109/TBME.2009.2035926

- Nichols, S., & Knobe, J. (2007) Moral responsibility and determinism: The cognitive science of folk intuitions. *Nous*, *41*, 663–685. doi:10.1111/j.1468-0068.2007.00666.x
- Nichols, S., & Mallon, R. (2006). Moral dilemmas and moral rules. *Cognition*, *100*, 530-542. doi:10.1016/j.cognition.2005.07.005
- Pacheco-Unguetti, A. P., Acosta, A., Callejas, A., & Lupiáñez, J. (2010). Attention and anxiety different attentional functioning under state and trait anxiety. *Psychological Science*, *21*(2), 298-304. doi:10.1177/0956797609359624
- Panasiti, M. S., Cardone, D., Pavone, E. F., Mancini, A., Merla, A., & Aglioti, S. M. (2016). Thermal signatures of voluntary deception in ecological conditions. *Scientific Reports*, *6*, 35174. doi:10.1038/srep35174
- Patil, I., Cogoni, C., Zangrando, N., Chittaro, L., & Silani, G. (2014). Affective basis of judgment-behavior discrepancy in virtual experiences of moral dilemmas. *Social Neuroscience*, *9*, 94-107. doi:10.1080/17470919.2013.870091
- Patil, I., Melsbach, J., Hennig-Fast, K., & Silani, G. (2016). Divergent roles of autistic and alexithymic traits in utilitarian moral judgments in adults with autism. *Scientific Reports*, *6*, 23637. doi:10.1038/srep23637
- Pauling, J. D., Flower, V., Shipley, J. A., Harris, N. D., & McHugh, N. J. (2011). Influence of the cold challenge on the discriminatory capacity of the digital distal–dorsal difference in the thermographic assessment of Raynaud's phenomenon. *Microvascular Research*, *82*(3), 364-368. doi:10.1016/j.mvr.2011.03.007
- Pauling, J. D., Shipley, J. A., Raper, S., Watson, M. L., Ward, S. G., Harris, N. D., & McHugh, N. J. (2012). Comparison of infrared thermography and laser speckle contrast imaging for the dynamic assessment of digital microvascular function. *Microvascular research*, *83*(2), 162-167. doi: 10.1016/j.mvr.2011.06.012
- Pavlidis, I., Eberhardt, N. L., & Levine, J. A. (2002). Human behaviour: Seeing through the face of deception. *Nature*, *415*(6867), 35. doi: 10.1038/415035a

- Pavlidis, I., Levine, J., & Baukol, P. (2000). Thermal imaging for anxiety detection. *Proceedings of the IEEE Workshop on Computer Vision Beyond the Visible Spectrum: Methods and Applications* (pp. 104-109). doi: 10.1109/CVBVS.2000.855255
- Pavlidis, I., Tsiamyrtzis, P., Shastri, D., Wesley, A., Zhou, Y., Lindner, P., Buddharaju, P., Joseph, R., Mandapati, A., Dunkin, B., & Bass, B. (2012). Fast by nature-how stress patterns define human experience and performance in dexterous tasks. *Scientific Reports*, 2. doi: 10.1038/srep00305
- Pearce, W. J., & D'Alecy, L. G. (1980). Hemorrhage-induced cerebral vasoconstriction in dogs. *Stroke*, 11(2), 190-197. doi: 10.1161/01.STR.11.2.190
- Perrone-Bertolotti, M., Rapin, L., Lachaux, J. P., Baciú, M., & Loevenbruck, H. (2014). What is that little voice inside my head? Inner speech phenomenology, its role in cognitive performance, and its relation to self-monitoring. *Behavioural Brain Research*, 261, 220-239. doi: 10.1016/j.bbr.2013.12.034
- Petrofsky, J., Paluso, D., Anderson, D., Swan, K., Yim, J. E. Murugesan, V., Chindam, T., Goraksh, N., Alshammari, F. Lee, H., Trivedi, M., Hudlikar, A. N., Katrak, V. The contribution of skin blood flow in warming the skin after the application of local heat; the duality of the Pennes heat equation. *Medical Engineering & Physics*, 33(3), 325-329.
- Plassmann, P., Ring, E. F. J., & Jones, C. D. (2006). Quality assurance of thermal imaging systems in medicine. *Thermology international*, 16(1), 10-15.
- Pollina, D. A., & Ryan, A. H. (2002). The relationship between facial skin surface temperature reactivity and traditional polygraph measures used in the psychophysiological detection of deception: A preliminary investigation (No. DODPI02-R-0007). Department of Defense Polygraph Inst Fort Jackson SC.
- Pollina, D. A., Dollins, A. B., Senter, S. M., Brown T. E., Pavlidis, I., Levine, J. A., & Ryan A. H. (2006). Facial skin surface temperature changes during a “concealed information” test. *Annals of Biomedical Engineering*, 34(7), 1182-1189. doi:10.1007/s10439-006-9143-3

- Porcelli, A. J. (2014). An alternative to the traditional cold pressor test: The cold pressor arm wrap. *Journal of Visualized Experiments*, 83. doi:10.3791/50849.
- Porges, S. W. (1992). Vagal tone: a physiologic marker of stress vulnerability. *Pediatrics*, 90, 498-504.
- Porges, S. W. (2001). The polyvagal theory: phylogenetic substrates of a social nervous system. *International Journal of Psychophysiology*, 42(2), 123-146. doi: 10.1016/S0167-8760(01)00162-3
- Porges, S. W. (2009). The polyvagal theory: new insights into adaptive reactions of the autonomic nervous system. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 76, S86-S90. doi: 10.3949/ccjm.76.s2.17
- Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (1998). Attention, self-regulation and consciousness. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 353(1377), 1915-1927. doi: 10.1098/rstb.1998.0344
- Puri, C., Olson, L., Pavlidis, I., Levine, J., & Starren, J. (2005). StressCam: non-contact measurement of users' emotional states through thermal imaging. *Proceedings of the 2005 ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2, 1725-1728. doi: 10.1145/1056808.1057007
- Raichle, M. E., MacLeod, A. M., Snyder, A. Z., Powers, W. J., Gusnard, D. A., & Shulman, G. L. (2001). A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(2), 676-682. doi: 10.1073/pnas.98.2.676
- Rajoub, B. A., & Zwiggelaar, R. (2014). Thermal facial analysis for deception detection. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 9(6), 1015-1023. doi:10.1109/TIFS.2014.2317309
- Reilly, T., & Waterhouse, J. (2009). Circadian aspects of body temperature regulation in exercise. *Journal of Thermal Biology*, 34(4), 161-170. doi: 10.1016/j.jtherbio.2009.01.005

- Ring, E. F. J. (2000). The discovery of infrared radiation in 1800. *Imaging Science Journal*, 48, 1–8.
- Ring, E. F. J. (2004). The historical development of thermal imaging in medicine. *Rheumatology*, 43, 800–802. doi: 10.1093/rheumatology/keg009
- Ring, E. F. J., & Ammer, K. (2000). The technique of infrared imaging in medicine. *Thermology international*, 10(1), 7-14. doi: 10.1088/978-0-7503-1143-4ch1
- Ring, E. F. J., & Ammer, K. (2012). Infrared thermal imaging in medicine. *Physiological measurement*, 33(3), R33. doi: 10.1088/0967-3334/33/3/R33
- Rizzolatti, G., & Sinigaglia, C. (2008). *Mirrors in the brain: How our minds share actions and emotions*. Oxford University Press.
- Robinson, J. S., Joel, S., & Plaks, J. E. (2015). Empathy for the group versus indifference toward the victim: Effects of anxious and avoidant attachment on moral judgment. *Journal of Experimental Social Psychology*, 56, 139-152. doi:10.1016/j.jesp.2014.09.017
- Salazar-López, E. (2012). *Aplicación de la termografía a la psicología básica* (tesis doctoral). Universidad de Granada, Granada.
- Salazar-López, E., Domínguez, E., Ramos, V. J., de la Fuente, J., Meins, A., Iborra, O., Gálvez, G., Rodríguez-Artacho, M. A., & Gómez-Milán, E. (2015). The mental and subjective skin: Emotion, empathy, feelings and thermography. *Consciousness and Cognition*, 34, 149-162. doi: 10.1016/j.concog.2015.04.003
- Salisbury, R. S., Parr, G., De Silva, M., Hazleman, B. L., Page-Thomas, D. P. (1983). Heat distribution over normal and abnormal joints: thermal pattern and quantification. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 42, 494-499. doi: 10.1136/ard.42.5.494
- Sánchez-Marín, F. J., Calixto-Carrera, S., & Villaseñor-Mora, C. (2009). Novel approach to assess the emissivity of the human skin. *Journal of Biomedical Optics*, 14(2), 024006. doi:10.1117/1.3086612.

- Schooler, J. W., Mrazek, M. D., Franklin, M. S., Baird, B., Mooneyham, B. W., Zedelius, C., & Broadway, J. M. (2014). The middle way: Finding the balance between mindfulness and mind-wandering. *Psychology of learning and motivation*, 60(60), 1-33. doi: 10.1016/B978-0-12-800090-8.00001-9
- Selfe, J., Hardaker, N., Thewlis, D., & Karki, A. (2006). An accurate and reliable method of thermal data analysis in thermal imaging of the anterior knee for use in cryotherapy research. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(12), 1630-1635. doi: 10.1016/j.apmr.2006.08.346
- Shamay-Tsoory, S. G. (2009). Empathic processing: Its cognitive and affective dimensions and neuroanatomical basis. In J. Decety & W. Ickes (Eds.), *The Social Neuroscience of Empathy* (pp. 215–232). Massachusetts Institute of Technology Press.
- Shastri, D., Merla, A., Tsiamyrtzis, P., & Pavlidis, I. (2009). Imaging facial signs of neurophysiological responses. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 56(2), 477-484. doi: 10.1109/TBME.2008.2003265
- Shastri, D., Papadakis, M., Tsiamyrtzis, P., Bass, B., & Pavlidis, I. (2012). Perinasal imaging of physiological stress and its affective potential. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 3(3), 366-378. doi: 10.1109/T-AFFC.2012.13
- Shastri, D., Tsiamyrtzis, P., & Pavlidis, I. (2008). Periorbital thermal signal extraction and applications. In Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. *30th Annual International Conference of the IEEE*, 102-105. doi:10.1109/iembs.2008.4649101
- Sherman, R. A., Woerman, A. L., & Karstetter, K. W. (1996). Comparative effectiveness of videothermography, contact thermography, and infrared beam thermography for scanning relative skin temperature. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 33(4), 377.
- Shulman, G. L., Fiez, J. A., Corbetta, M., Buckner, R. L., Miezin, F. M., Raichle, M. E., & Petersen, S. E. (1997). Common blood flow changes across visual tasks: II. Decreases in cerebral cortex. *Journal of cognitive neuroscience*, 9(5), 648-663. doi: 10.1162/jocn.1997.9.5.648

- Simón, V. (2007). Mindfulness y neurobiología. *Revista de psicoterapia*, 66(67), 5-30.
- Sivanandam, S., Anburajan, M., Venkatraman, B., Menaka, M., & Sharath, D. (2012). Medical thermography: a diagnostic approach for type 2 diabetes based on non-contact infrared thermal imaging. *Endocrine*, 42(2), 343-351. doi: 10.1007/s12020-012-9645-8
- Skitzki, J. J., Chen, Q., Wang, W. C., & Evans, S. S. (2007). Primary immune surveillance: some like it hot. *Journal of Molecular Medicine*, 85(12), 1361-1367. doi: 10.1007/s00109-007-0245-7
- Spalding, S. J., Kwoh, C. K., Boudreau, R., Enama, J., Lunich, J., Huber, D., Denes, L. & Hirsch, R. (2008). Three-dimensional and thermal surface imaging produces reliable measures of joint shape and temperature: a potential tool for quantifying arthritis. *Arthritis Research & Therapy*, 10(1), R10. doi: 10.1186/ar2360
- Spielberger, C., Gorsuch, R., & Lushene, R. (1982). *STAI, Cuestionario de Ansiedad Estado/Rasgo [STAI: Manual for the State– Trait Anxiety Inventory]*. Madrid, Spain: TEA Ediciones, S.A. (Original work published 1970).
- Stefańczyk, L., Woźniakowski, B., Pietrzak, P., Majos, A., & Grzelak, P. (2007). Comparison of thermography and Doppler sonography in the evaluation of the cold immersion test in women with excessive vasospastic reaction. *Medical Science Monitor Basic Research*, 13(1), 121-128.
- Steketee, J. (1973). Spectral emissivity of skin and pericardium. *Physics in Medicine and Biology*, 18(5), 686. doi: 10.1088/0031-9155/18/5/307
- Symonds, M. E., Henderson, K., Elvidge, L., Bosman, C., Sharkey, D., Perkins, A. C., & Budge, H. (2012). Thermal imaging to assess age-related changes of skin temperature within the supraclavicular region co-locating with brown adipose tissue in healthy children. *The Journal of Pediatrics*, 161(5), 892-898. doi: 10.1016/j.jpeds.2012.04.056
- Tagliabue, A., Terracina, D., Cena, H., Turconi, G., Lanzola, E., & Montomoli, C. (1994). Coffee induced thermogenesis and skin temperature. *International Journal of Obesity*, 18(8), 537-541.

- Tauchmannova, H., Gabrhel, J., & Cibak, M. (1993). Thermographic findings in different sports, their value in the prevention of soft tissue injuries. *Thermol Osterr*, 3, 91-95.
- Tsiamyrtzis, 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. doi:10.1007/s11263-006-6106-y
- Uddin, L. Q., Clare Kelly, A. M., Biswal, B. B., Castellanos, F. X., & Milham, M. P. (2009). Functional connectivity of default mode network components: correlation, anticorrelation, and causality. *Human brain mapping*, 30(2), 625-637. doi: 10.1002/hbm.20531
- Uwano, T., Nishijo, H., Ono, T., & Tamura, R. (1995). Neuronal responsiveness to various sensory stimuli, and associative learning in the rat amygdala. *Neuroscience*, 68(2), 339-361.
- Vatner, S. F. (1974). Effects of hemorrhage on regional blood flow distribution in dogs and primates. *Journal of Clinical Investigation*, 54(2), 225. doi: 10.1172/JCI107757
- Vianna, D. M., & Carrive, P. (2005). Changes in cutaneous and body temperature during and after conditioned fear to context in the rat. *European Journal of Neuroscience*, 21(9), 2505-2512. doi: 10.1111/j.1460-9568.2005.04073.x
- Vrij, A., Granhag, P. A., Mann, S., & Leal, S. (2011). Lying about flying: The first experiment to detect false intent. *Psychology, Crime & Law*, 17(7), 611-620. doi: 10.1080/10683160903418213
- Warmelink, L., Vrij, A., Mann, S., Leal, S., Forrester, D., & Fisher, R. P. (2011). Thermal imaging as a lie detection tool at airports. *Law and Human Behavior*, 35(1), 40-48. doi:10.1007/s10979-010-9251-3
- Werner, J. (2010). System properties, feedback control and effector coordination of human temperature regulation. *European Journal of Applied Physiology*, 109(1), 13-25. doi: 10.1007/s00421-009-1216-1
- Wiech, K., Kahane, G., Shackel, N., Farias, M., Savulescu, J., & Tracey, I. (2013). Cold or calculating? Reduced activity in the subgenual cingulate cortex reflects decreased

emotional aversion to harming in counterintuitive utilitarian judgment. *Cognition*, 126, 364-372. doi:10.1016/j.cognition.2012.11.002

Wilson, T. D., Reinhard, D. A., Westgate, E. C., Gilbert, D. T., Ellerbeck, N., Hahn, C., & Shaked, A. (2014). Just think: The challenges of the disengaged mind. *Science*, 345(6192), 75-77. doi: 10.1126/science.1250830

Wolpe, P. R., Foster, K. R., & Langleben, D. D. (2010). Emerging neurotechnologies for lie-detection: promises and perils. *The American Journal of Bioethics*, 10(10), 40-48. doi:10.1080/15265161.2010.519238

Zajonc, R. B., Murphy, S. T., & Inglehart, M. (1989). Feeling and facial efference: implications of the vascular theory of emotion. *Psychological review*, 96(3), 395. doi: 10.1037/0033-295X.96.3.395

Zaproudina, N. (2012). *Methodological aspects of use of infrared thermography in healthy individuals and patients with non-specific musculoskeletal disorders* (PhD thesis, University of Eastern Finland).

Zaproudina, N., Varmavuo, V., Airaksinen, O., & Närhi, M. (2008). Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals. *Physiological Measurement*, 29(4), 515. doi: 10.1088/0967-3334/29/4/007

Zhu, Z., Tsiamyrtzis, P., & Pavlidis, I. (2007). Forehead thermal signature extraction in lie detection. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 243-246. doi: 10.1109/IEMBS.2007.4352269

