

Inflexibilidad cognitiva, disfunción ejecutiva y desregulación emocional: Su implicación en el consumo de drogas y en el maltrato



Tesis Doctoral presentada por:

Azahara Leonor Miranda Gálvez

Directores:

María del Carmen Fernández-Santaella Santiago

José Luis Mata Martín

Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico

Programa de Doctorado en Psicología

Granada, 2024

Inflexibilidad cognitiva, disfunción ejecutiva y desregulación emocional: Su implicación en el consumo de drogas y en el maltrato



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

Tesis Doctoral presentada por:

Azahara Leonor Miranda Gálvez

Directores:

María del Carmen Fernández-Santaella Santiago

José Luis Mata Martín

**Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico
(Facultad de Psicología)**

UNIVERSIDAD DE GRANADA

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Azahara Leonor Miranda Gálvez
ISBN: 978-84-1195-344-3
URI: <https://hdl.handle.net/10481/92577>

COMPROMISO DE RESPETO DE LOS DERECHOS DE AUTOR

El doctorando/The doctoral candidate **Azahara Leonor Miranda Gálvez** y los directores de la tesis/and the tesis supervisor/s: **M. Carmen Fernández-Santaella Santiago** y **José Luis Mata Martín**

Garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por el doctorando bajo la dirección de los directores de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones / *Guarantee, by signing the doctoral thesis, that the work has been done by the doctoral candidate under the direction of the thesis supervisor/s and, as far as our knowledge reaches, in the performance of the work, the rights of other authors to be cited (when their results or publications have been used) have been respected.*

Lugar y fecha/ *Place and date: Granada a 25 de enero de 2024*

Director/es de la Tesis / *Thesis supervisor/s:*

<i>Fdo. / Signed: M. Carmen Fdez-Santaella Santiago</i>	<i>Fdo. / Signed: José Luis Mata Martín</i>

<i>Fdo. / Signed Doctorando/ Doctoral candidate: Azahara Leonor Miranda Gálvez</i>

La presente tesis doctoral se ha financiado a través del programa de Formación de Profesorado Universitario (FPU 18/01508) del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, al que ha estado vinculada la doctoranda desde septiembre del 2019 hasta septiembre del 2023.

La doctoranda Azahara Leonor Miranda Gálvez pertenece al Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico de la Universidad de Granada y al Centro de Investigación Mente, Cerebro y Comportamiento de la Universidad de Granada, España.

**A mis padres, Bartolomé y Manuela, y mi hermana Silvia,
por estar siempre conmigo. Mi mayor fortuna, ellos.**

He caído mil veces en el mismo error, pero he continuado buscando solución, a veces fuera de mí. He cambiado de ideas para que las que tenía no me atraparan, y acabaron aplastándome o confundiéndome. He acariciado mi cara cuando lloraba, y solo podía pensar que la tristeza sabía a mar. Me he abrazado y me he hecho daño al hacerlo con fuerza a veces. Se me han ensuciado las manos. Me han dolido los oídos cuando me decían que este camino no era para gente sensible como yo. A veces les creí. Pero cambié de opinión. He escrito textos que después no he sido capaz de reconocer como propios. Tengo recuerdos que no consigo encapsular en el tiempo y tengo tiempo que no consigo recordar. Pero ahora, después de cruzar este océano, tengo la última palabra: Si fui capaz. He derrotado este miedo mientras conocía la vida de camino. Y voy de vuelta a casa. Ahora huele a primavera.

Antonio Gala

Agradecimientos

¡Por fin llegó este momento! Llegó antes de darme cuenta de que todo esto era realidad. Gracias a todos los que me habéis acompañado en este proceso, tanto con vuestras ideas, vuestros conocimientos, vuestro apoyo incondicional, como con los momentos de diversión juntos.

En 2015 empezó esta aventura cuando siendo alumna de grado conocí a una gran profesora, ahora una gran amiga, María Blasa Sánchez Barrera. Esto condicionó decisiones futuras, porque para realizar el trabajo de fin de máster, acudí a ella de nuevo, ¡no podía ser de otra manera! Gracias a ella conocí mejor a mis directores de tesis M. Carmen Fernández-Santaella y José Luis Mata Martín. Nombraría a cada uno de los profesores componentes de nuestro laboratorio de psicofisiología, pero no acabaría, pero a todos, ¡Gracias! Gracias por vuestra dedicación y ayuda, me habéis tendido vuestra mano a lo largo de estos años y de todo el proceso que ha supuesto esta tesis.

Gracias al laboratorio de Psicofisiología Humana y a todos mis compañeros por su cariño, empatía y ayuda todos estos años. Siempre habéis estado ahí para ayudarme, para consolarme cuando lo necesitaba y para cualquier duda que apareciera en mi mente. Sois estupendos y unos grandes profesionales. He aprendido muchísimo de todo vosotros.

Quiero agradecer también a Francisca López Torrecillas su insistencia en mi continuidad en el doctorado, sobre todo al principio, cuando tuve que compaginar trabajo de psicóloga sanitaria y doctorado. Me tendió la mano en muchas ocasiones y me guio al comienzo de todo este proceso.

¿Cómo iba a seguir sin agradecer a mi familia? Siempre que hablo de ellos, refiero que ellos soy yo, y que yo soy ellos. Agradecerles toda la paciencia que han tenido conmigo, siempre con mis dudas y con mis exigencias. De ellos aprendí la disciplina por este trabajo y también al amor como ingrediente secreto para realizarlo. A mi padre que me enseñó a escribir y leer, y que insistía en mis tareas, porque a veces yo intentaba escaquearme. A mi madre que siempre confió en mí y que no veía límites en el horizonte, para ella todo era posible. A mi hermana Silvia que me enseñaba a ver la parte positiva de las cosas y me hacía mantenerme en el presente, y agita de vez en cuando mi vida para hacerme vivir nuevas experiencias.

Por último, agradecer a Rubén, mi desorganizador de vida. Confió en mi capacidad y cambió muchos de sus planes para acompañarme en este camino.

Gracias a todos.

Resumen

Las emociones, con un papel destacado en diversos trastornos psicopatológicos (Kohler et al., 2000) y en las adicciones (Bechara et al., 2000; Panksepp et al., 2002), han generado un interés significativo en disciplinas como la Psicología, la Neuropsicología y la Neurología, el Neuromarketing, etc. En los últimos años, se ha profundizado en la evaluación de los diferentes sistemas de la respuesta emocional (Bechara & Tranel, 2000; Borod, 2000; Lang et al., 1997) y en el estudio del sustrato neurofisiológico de las emociones (Emery y Amaral, 2000; LeDoux, 1996; Panksepp, 1998). Este enfoque también ha explorado la influencia de las emociones en procesos cognitivos clave, como la toma de decisiones (Damasio, 1994), este proceso implica diversas estructuras cerebrales, como la corteza prefrontal, el sistema límbico y el cerebelo, cuyas lesiones pueden afectar la adaptación en la vida diaria.

La Hipótesis del Marcador Somático (en inglés: *Somatic Marker Hypothesis*, *SMH*) ofrece un marco teórico para comprender cómo las señales somáticas ligadas a las emociones influyen en las decisiones racionales en situaciones de toma de decisiones. Thayer propone el Modelo de Integración Neurovisceral (en inglés: *Neurovisceral Integration Model NVM*), que destaca un circuito neural conectando estructuras corticales y subcorticales para la comunicación entre procesos psicológicos y fisiológicos. El modelo propone una red neuronal cortical-subcortical llamada Red Autónoma Central (Benarroch, 1993; 1997; Masterman y Cummings, 1997) que actúa como nexo entre procesos cognitivos, emocionales y fisiológicos. La corteza prefrontal desempeña un papel crucial en la regulación del comportamiento y el autocontrol, estableciendo conexiones clave en la amígdala. Davidson, Putman y Larson (2000) sugieren que la inhibición de emociones negativas implica una conexión bidireccional entre la corteza prefrontal ventromedial (en inglés: *ventromedial Prefrontal Cortex*, *vmPFC*) y la amígdala. En situaciones estresantes, la amígdala puede impulsar respuestas rápidas, mientras que la corteza prefrontal modera reacciones excesivas, permitiendo decisiones reflexivas. Por tanto, multitud de investigaciones sugieren que la Red Autonómica Central y el “circuito emocional” propuesto por Damasio, forman una red unificada que modula recursos psicofisiológicos en la atención y la emoción.

Asimismo, el uso de la *Iowa Gambling Task* (*IGT*, Bechara et al., 1994) y de neuroimágenes ha revelado la intrincada red cerebral que respalda la toma de decisiones en la incertidumbre. La *IGT*, desarrollada en 1994, es una tarea psicológica que evalúa la

toma de decisiones en situaciones de incertidumbre, simulando la toma de decisiones en la vida real, y se utiliza en investigaciones para estudiar trastornos neuropsiquiátricos, adicciones y otros trastornos debido a su implicación en la interacción entre procesamiento emocional y toma de decisiones. Esta tarea psicológica se ha aplicado en multitud de poblaciones, tanto sanas como clínicas.

En el contexto de la toma de decisiones, se trata de evaluar opciones y elegir la más apropiada en una situación determinada. La flexibilidad cognitiva es la habilidad para ajustar estrategias de procesamiento cognitivo y emocional en respuesta a diversos estímulos y desempeña un papel crucial en el proceso de toma de decisiones. Esta capacidad es fundamental para el aprendizaje y la selección de estrategias apropiadas según la situación y es reconocida como una característica esencial de la inteligencia humana (Boroditsky et al., 2010; Deak, 2003; Guilford, 1962; Karmiloff-Smith, 1992; Ionescu, 2012), cobrando especial relevancia en el contexto de la toma de decisiones. En contraste, la inflexibilidad cognitiva implica la dificultad para modificar representaciones cognitivas y comportamientos frente a condiciones cambiantes. La inflexibilidad cognitiva se conceptualiza como un trastorno transdiagnóstico central en una variedad de trastornos psicológicos que implica la toma de decisiones disfuncionales (Parnaudeau et al., 2018; Voon et al., 2017; Wyckmans et al., 2019).

La deficiencia de estrategias adecuadas en la toma de decisiones desempeña un papel muy importante en el desarrollo de una adicción (Fraser & Janak, 2019; Groman et al., 2019; Sebold et al., 2017; Vandaele y Ahmed, 2021) y en la aparición de comportamientos disruptivos y violentos (Lausi et al., 2023; Turner et al., 2018). Tanto los consumidores de drogas como los perpetradores de violencia de género exhiben alteraciones en la dimensión de inflexibilidad cognitiva. Las bases neuroanatómicas de esta inflexibilidad coinciden con las conexiones entre las regiones orbitofrontales y las estructuras subcorticales que regulan las emociones (núcleo acumbens y amígdala). La desconexión funcional entre estas estructuras, según Damasio (1994), podría explicar en parte tanto las conductas adictivas como las de maltrato. Por lo tanto, sería razonable anticipar que en ambos grupos, en comparación con personas sin tales trastornos (con niveles no clínicos de inflexibilidad cognitiva o flexibles cognitivamente), se encuentren correlaciones significativas entre inflexibilidad cognitiva, toma de decisiones y regulación emocional.

En el ámbito de la investigación emocional, se ha experimentado un notable avance en la obtención de medidas objetivas, con un enfoque particular en las respuestas fisiológicas. Este progreso ha sido impulsado por investigaciones lideradas por el grupo de Lang. En este contexto, se ha dedicado especial atención al empleo de imágenes del Sistema Internacional de Imágenes Afectivas (*IAPS, International Affective Picture System*), como un instrumento compuesto por un conjunto de estímulos visuales estandarizados que abarca una amplia gama de emociones para generar emociones en laboratorio. Los estudios del grupo de Lang, que se remontan a trabajos fundamentales como los de Greenwald, Cook y Lang (1989), Ham, Greenwald, Bradley y Lang (1993), y Lang, Greenwald, Bradley y Hamm (1993), han contribuido significativamente a la comprensión de las respuestas psicológicas y fisiológicas desencadenadas por estímulos emocionales.

El objetivo general de la presente tesis doctoral es examinar la relación entre la inflexibilidad cognitiva, la toma de decisiones y la modulación emocional. Se estudiaron los posibles efectos moduladores entre estas variables para comprender el mecanismo subyacente compartido que afecta tanto a la disfunción ejecutiva como a la modulación emocional. Para abordar este objetivo general se realizaron cuatro estudios secuenciales. La inflexibilidad cognitiva se evaluó con la Escala de Persistencia del TCI-R de la versión española del Inventario de Carácter y Temperamento de Cloninger (TCI-R) de Gutiérrez-Zotes y colaboradores (2004), la toma de decisiones se evaluó con la prueba neuropsicológica *IGT*, y la modulación emocional se evaluó mediante el paradigma de visualización de imágenes afectivas de Lang (1994).

El primero de los estudios examinó el impacto de la inflexibilidad cognitiva en la sensibilidad cardíaca a las recompensas monetarias en una muestra no clínica de estudiantes universitarios. Se investigaron los impactos de la inflexibilidad cognitiva tanto en la toma de decisiones como en la tasa cardíaca, empleando la *IGT* como prueba ejecutiva para evaluar la toma de decisiones. Para ello se examinó el rendimiento en la *IGT* en participantes con alta inflexibilidad cognitiva y baja inflexibilidad cognitiva. Además, se exploró la vinculación entre la alta inflexibilidad cognitiva y una toma de decisiones subóptima, así como su conexión con una mayor sensibilidad a recompensas monetarias. Asimismo, se analizó la reactividad cardíaca frente a ganancias y pérdidas monetarias en participantes con alta inflexibilidad cognitiva durante la ejecución de la *IGT*. En la fase inicial del procedimiento, los participantes llevaron a cabo la evaluación

del TCI-R, completando todas sus escalas, entre las cuales se incluía la escala de persistencia. Posteriormente, fueron categorizados en dos grupos en función de su nivel de persistencia o inflexibilidad cognitiva. A continuación, se registró la reactividad cardíaca mientras los participantes realizaban una versión computarizada de la *IGT*. En base a los resultados obtenidos, no se pudo establecer una relación directa entre la inflexibilidad cognitiva y el rendimiento en la *IGT*. Sin embargo, sí se observó una mayor tasa cardíaca en respuesta a las ganancias monetarias en individuos con alta inflexibilidad cognitiva, indicando una mayor sensibilidad a las recompensas en este grupo.

En el segundo estudio se examinó la conexión entre el rendimiento en la *IGT* y la sensibilidad cardíaca a ganancias y pérdidas monetarias en una muestra de reclusos. El análisis se centró en la reactividad cardíaca ante ganancias y pérdidas monetarias durante la realización de la *IGT*, con el propósito de identificar patrones de respuesta, como una mayor reactividad ante ganancias o pérdidas monetarias. Se siguió un procedimiento paralelo al del primer estudio, donde los participantes fueron agrupados según su nivel de inflexibilidad cognitiva/persistencia. Se evaluó la toma de decisiones con la *IGT* y al mismo tiempo se registró la tasa cardíaca. Los resultados revelaron que en la *IGT* todos los reclusos mostraron un rendimiento muy deficiente, sin evidencia de aprendizaje en la prueba, independientemente de su nivel de inflexibilidad cognitiva. En cuanto a las ganancias monetarias, se observaron notables aceleraciones cardíacas en todos los participantes, independientemente de su nivel de inflexibilidad cognitiva.

El tercer estudio tuvo como propósito explorar las diferencias en la modulación del reflejo de sobresalto y de la tasa cardíaca en una muestra no clínica (población universitaria) con rendimiento alto y rendimiento bajo en la *IGT* durante la exposición a una serie de imágenes emocionales. El objetivo era explorar las diferencias en la modulación del reflejo de sobresalto y de la tasa cardíaca en una muestra no clínica (población universitaria) con alto y bajo rendimiento (mejor o peor toma de decisiones) en la *IGT*. Se examinó la relación entre el rendimiento en la *IGT* y la magnitud del reflejo de sobresalto, además de los cambios en tasa cardíaca durante la visualización de imágenes afectivas. Se emplearon las puntuaciones obtenidas de la *IGT* para categorizar a los participantes en dos grupos: rendimiento alto y rendimiento bajo. En una sesión posterior, se llevó a cabo una prueba de modulación del reflejo motor de sobresalto y de la tasa cardíaca siguiendo el paradigma de la visualización de imágenes afectivas del *IAPS* (*IAPS*; Lang, Bradley y Cuthbert, 1999; Moltó et al., 1999). El reflejo de sobresalto,

medido por la electromiografía del músculo orbicular, es un indicador fiable de la respuesta emocional, con una relación lineal con las categorías de valencia agradable, neutral y desagradable (Bradley y Lang, 2007; Bradley et al., 2006, 2001; Cuthbert, Bradley y Lang, 1996; Gantiva, Guerra y Vila, 2014; Grillon y Baas, 2003). Por otro lado, en la tasa cardíaca, las imágenes agradables presentan una breve aceleración tras una desaceleración inicial, mientras que las imágenes negativas generan una mayor desaceleración inicial que las imágenes positivas o neutrales (Bradley y Lang, 2000; Lang et al., 1993; Libby, Lacey y Lacey, 1973; Vico et al., 2010). Los resultados muestran una mayor magnitud del reflejo de sobresalto en el grupo de bajo rendimiento. Además, se observaron diferencias significativas en la magnitud del sobresalto en relación con el tipo de valencia afectiva de la imagen. Específicamente, el grupo de rendimiento alto en la *IGT* presentó diferencias significativas entre las categorías de imágenes agradables y desagradables, mientras que el grupo de rendimiento bajo mostró diferencias entre todas las categorías de imágenes. En la tasa cardíaca, no se detectaron diferencias significativas entre ambos grupos, aunque sí se observaron mayores deceleraciones iniciales en respuesta a las imágenes desagradables. En definitiva, los resultados del reflejo de sobresalto respaldan la propuesta de un mecanismo inhibitorio, apoyado por modelos como el *SMH* y el *NVM*, que implica una interacción entre la amígdala y el *vmPFC* en el proceso de toma de decisiones.

El cuarto estudio tuvo como objetivo examinar las discrepancias en la modulación del reflejo de sobresalto y la tasa cardíaca en una población penitenciaria con alto y bajo rendimiento en la *IGT* durante la exposición a imágenes emocionales. Se evaluó la relación entre el rendimiento en la *IGT*, la magnitud del reflejo de sobresalto y las variaciones en la tasa cardíaca durante la visualización de imágenes afectivas. Siguiendo el mismo procedimiento y los mismos objetivos que el tercer estudio, los participantes fueron clasificados en grupos de rendimiento alto y bajo según sus puntuaciones de rendimiento en la *IGT*, y posteriormente se llevó a cabo una prueba de modulación del reflejo motor de sobresalto y la tasa cardíaca siguiendo el paradigma de la visualización de imágenes afectivas. No se encontraron diferencias significativas en la magnitud de los reflejos defensivos, tanto del reflejo de sobresalto como de la tasa cardíaca, entre los dos niveles de rendimiento en la *IGT* en este grupo poblacional. Aunque los resultados del reflejo de sobresalto indican una tendencia que respalda la hipótesis de un mecanismo inhibitorio de la corteza prefrontal sobre la amígdala durante la toma de decisiones,

respaldada por modelos como el *SMH* y el *NVM*, no alcanzó significación estadística. Sin embargo, esta tendencia no se refleja en la respuesta de la frecuencia cardíaca.

En resumen, tanto en la muestra de estudiantes como en la de reclusos se observa un aumento de la tasa cardíaca ante las ganancias monetarias, sin embargo, no podemos establecer una clara conexión entre la inflexibilidad cognitiva y la toma de decisiones. En la muestra de estudiantes se observa una respuesta mayor en la tasa cardíaca en el grupo con mayor inflexibilidad cognitiva, mientras que en la muestra de prisión no encontramos esta diferencia asociadas al nivel de inflexibilidad cognitiva.

En los estudios 3 y 4 dividimos la muestra por su rendimiento en la *IGT*, los resultados indican que tanto la muestra de estudiantes (estudio 3), como la muestra de reclusos (estudio 4) muestran un patrón de modulación emocional del reflejo de sobresalto y de la tasa que es coherente con las investigaciones anteriores realizadas en el contexto de la modulación emocional. Concretamente en el reflejo de sobresalto se observa una potenciación de dicho reflejo ante las imágenes desagradables y una inhibición ante las imágenes agradables, quedando las imágenes neutras en una posición intermedia. Respecto a la tasa cardíaca encontramos un patrón trifásico con una mayor desaceleración inicial ante la visualización de las imágenes desagradables frente a las agradables y neutras. En lo que respecta a las diferencias entre grupos encontramos que los estudiantes con bajo rendimiento en la ejecución de la *IGT* presentan una mayor magnitud en el reflejo que los estudiantes con alto rendimiento, en cambio en la muestra de reclusos no encontramos diferencias, entre los grupos de alto y bajo rendimiento en la ejecución de la *IGT*, en la magnitud del reflejo motor de sobresalto. Una explicación más detallada puede encontrar en apartados de, resultados y discusión de cada uno de estos estudios (capítulos V y VI respectivamente).

ÍNDICE

Abreviaturas utilizadas en la tesis	1
Capítulo I-Introducción.	2
1.1. Hipótesis del Marcador somático de Damasio.....	2
1.1.1. Amígdala y Corteza prefrontal ventromedial.....	3
1.1.2. Fenómeno miopía de futuro	6
1.1.3. Iowa Gambling Task	7
1.2. El Modelo de Thayer: El modelo de Integración neurovisceral.	13
1.2.1. La Red Autónoma Central y La Red Ejecutiva Anterior.	13
1.3. El modelo de P. J. Lang: la Teoría Bio-Informacional de Peter Lang.....	18
1.3.1. El estudio científico de la emoción.	18
1.3.2. Instrumento de inducción y medida de las emociones: el IAPS.	22
1.3.3. El Reflejo de sobresalto.....	25
1.3.4. Bases neurofisiológicas de los sistemas defensivo y apetitivo.	28
1.3.4. Priming Motivacional y Cascada defensiva.	33
1.3.5. Estructuras neurofisiológicas que controlan la potenciación e inhibición del reflejo de sobresalto.	39
1.4. Tasa cardiaca.....	42
1.4.1. Patrón trifásico de la tasa cardiaca.	42
1.4.2. Enfoques tradicionales en el estudio de los componentes cardiacos de los reflejos incondicionados.....	44
1.5. La persistencia en el Modelo Psicobiológico de personalidad de Cloninger.	47
1.5.1. Temperamento y Persistencia.....	48
1.5.2. Inventario de Temperamento y Carácter (TCI).....	49
Capítulo II-Objetivos e hipótesis.....	52
2.1. Objetivos generales y específicos.	52
2.2. Hipótesis	55
CAPÍTULO III. Cardiac sensitivity to rewards in cognitively inflexible nonclinical participants.	58
3.1. Abstract.	58
3.2. Introduction.....	59
3.3. Materials and methods.	61
3.3.1. Participants.	61
3.3.2. Instruments.	63
3.4. Procedure.	64
3.5. Data analysis.	65

3.6. Results.....	65
3.7. Discussion.....	67
3.8. Conclusion.	71
CAPÍTULO IV. Prominent Deck B Phenomenon and heart rate sensitivity to rewards in Incarcerated offenders with high and low cognitive inflexibility.....	73
4.1. Abstract.	73
4.2. Introduction.....	74
4.3. Materials and methods.	77
4.3.1. Participants.	77
4.3.2. Instruments.	78
4.4. Procedure.	79
4.5. Data analysis.	80
4.6. Results.....	80
4.7. Discussion.....	83
4.8. Conclusion.	86
CAPÍTULO V. Startle reflex and heart rate modulation in good and bad decision makers in the Iowa Gambling Task.....	87
5.1. Abstract.	87
5.2. Introduction.....	88
5.3. Materials and methods.	91
5.3.1. Participants.	91
5.3.2. Materials and design.....	92
5.3.3. Physiological Recording and Data Reduction.....	92
5.4. Procedure.	93
5.5. Data analysis.	94
5.6. Results.....	95
5.7. Discussion.....	98
5.8. Conclusion.	102
CAPÍTULO VI. Startle reflex and heart rate modulation in incarcerated offenders who are good and bad decision makers in the Iowa Gambling Task.	103
6.1. Abstract.	103
6.2. Introduction.....	103
6.3. Materials and methods.	107
6.3.1. Participants.	107
6.3.2. Materials and design.....	108
6.3.3. Physiological Recording and Data Reduction.....	109

6.4. Procedure.	109
6.5. Data analysis.	110
6.6. Results.	111
6.7. Discussion.	114
6.8. Conclusion.	117
CAPÍTULO VII. Discusión y perspectivas futuras.	118
7.1. Discusión.	118
7.2. Limitaciones y futuras líneas de investigación.	123
7.3. Implicaciones clínicas.	124
CAPÍTULO VIII. Conclusiones.	126
CAPÍTULO IX. Referencias.	129
CAPÍTULO X. Anexos.	180
ANEXO I. CONSENTIMIENTO INFORMADO.	180

Abreviaturas utilizadas en la tesis

- AER: Anterior Executive Region
- CAN: Central Autonomous Network
- dB: decibelios
- ECG: electrocardiograma.
- EMG: electromiograma.
- HR: Heart Rate
- IAPS: International Affective Picture System
- IGT: Iowa Gambling Task
- LC: Locus coeruleus
- ms: milisegundos
- NAc: Núcleo accumbens
- NTS: Núcleo del Tracto Solitario
- NVM: Neurovisceral Integration Model
- SAM: Self-Assessment Manikin
- SMH: Somatic Marker Hypothesis
- SN: Sustancia negra
- SNC: Sistema Nervioso Central
- TCI: Escala de Temperamento y Carácter de Cloninger
- TCI-R: Escala Revisada de Temperamento y Carácter de Cloninger
- VTA: Área tegmental ventral
- vmPFC: ventromedial Prefrontal Cortex.

Capítulo I-Introducción.

1.1. Hipótesis del Marcador somático de Damasio.

La Teoría del Marcador Somático surgió para explicar la implicación de algunas regiones de la corteza prefrontal en el proceso de gestión emocional y la toma de decisiones (Bechara, Dolan, y Hindes, 2002). La hipótesis del marcador somático (en inglés: *Somatic Marker Hypothesis, SMH*) proporciona un marco neuroanatómico y cognitivo para la toma de decisiones que postula que los procesos decisionales están sesgados hacia perspectivas a largo plazo por señales de marcadores emocionales.

La idea principal de la *SMH* es que los procesos de toma de decisiones dependen de manera fundamental de los mecanismos neurales que regulan las emociones, integrando del mismo modo procesos cognitivos y emocionales, y sistemas neuroanatómicos, con el objetivo de explicar el vínculo entre el procesamiento de emociones y la capacidad para decidir en función de las posibles consecuencias futuras de la conducta (no en las inmediatas). Según el modelo del marcador somático, la capacidad para formar decisiones está relacionada con la habilidad para generar señales emocionales que anticipan las consecuencias prospectivas de las distintas alternativas de acción (Bechara et al., 2000; Damasio, 1994). En consecuencia, debería existir un vínculo entre los procesos de toma de decisiones y la experiencia y gestión emocional, además de otros mecanismos de evaluación y modificación de las relaciones entre estímulos y reforzadores (p. ej.: mecanismos de autorregulación).

Damasio defiende que la emoción se comporta como una marca somática en el proceso de toma de decisiones que precede al componente cognitivo. El componente cognitivo es la valoración de los beneficios o perjuicios de las diferentes opciones posibles. Es decir, el cuerpo envía señales a través de cambios físicos que anticipan la toma de decisiones y los posibles resultados de dichas elecciones. La presencia de marcadores somáticos reduce el tiempo de respuesta, focaliza la atención, optimiza la memoria de trabajo, y aumenta la eficacia y precisión de la toma de decisiones, especialmente en la conducta social, donde pueden darse situaciones de mayor incertidumbre (Contreras, et al., 2007; Damasio, 1994, 2004; Fellows, 2006; Martínez et al., 2006).

Los marcadores somáticos están representados y regulados en los circuitos emocionales del cerebro, particularmente en la corteza prefrontal ventromedial (en inglés:

ventromedial Prefrontal Cortex, vmPFC). Los marcadores somáticos pueden reflejar acciones que ocurren tanto a nivel periférico (somático-corporal), denominados “*body loop*”, o ser provocados por representaciones neurales de las acciones que se esperan que ocurran a nivel somático, denominadas “*as-if-body loop*”. Damasio propone dos inductores de estados somáticos.

- a. Inductores somáticos primarios: estímulos aprendidos o innatos que causan estados aversivos o placenteros provocando una respuesta somática automática. Cuando uno de estos estímulos está presente en el entorno inmediato se genera de manera necesaria y automática a una respuesta emocional.
- b. Inductores somáticos secundarios: generados por el recuerdo de eventos emocionales personales o hipotéticos, como los pensamientos y memorias de los inductores primarios. Estas señales somáticas se reactivarán en futuros encuentros con esos estímulos o eventos y guiarán el comportamiento relacionado con los estímulos.

1.1.1. Amígdala y Corteza prefrontal ventromedial

Desde una perspectiva neurobiológica, se cree que la toma de decisiones está influenciada por la actividad coordinada de una red fronto-límbica que involucra áreas cerebrales prefrontales anteriores (corteza orbitofrontal y *vmPFC*), la amígdala, el hipocampo, el área motora presuplementaria, el cuerpo estriado y la corteza cingulada anterior, así como la corteza prefrontal dorsolateral (Bechara et al., 1994; Ernst y Paulus, 2005; Bechara, 2007; Beszterczey et al., 2013).

Los marcadores somáticos se procesan en la *vmPFC* y la amígdala. Tanto la *vmPFC* como la amígdala están ricamente conectadas con estructuras efectoras somáticas en los núcleos hipotalámicos y del tronco encefálico que son capaces de producir cambios biorreguladores en el cuerpo propiamente dicho, por ejemplo, inician un marcador somático. Estos cambios emocionales se generan en el cuerpo a través de la médula espinal, los nervios craneales y la señalización endocrina.

En la amígdala se procesa y codifica la señal emocional y su asociación con estímulos contextuales. Es una región cerebral crucial para la generación de estados somáticos en respuesta a los inductores primarios y ha sido considerada parte de un “sistema

impulsivo” de decisiones, lo que desencadena respuestas emocionales a resultados inmediatos (Bechara, 2005). La amígdala actúa como disparador de señales emocionales, que son generadas a nivel de hipotálamo y núcleos del tronco cerebral, donde se integran estructuras efectoras implicadas en la regulación de estados corporales (vísceras y órganos internos), y en la producción de respuestas emocionales. Una vez que las señales somáticas han sido asociadas a inductores primarios y han sido experimentadas al menos una vez, señales de esos estados somáticos son reenviadas al cerebro produciendo la consolidación de un valor afectivo asociado al estímulo.

La investigación ha demostrado el papel de la amígdala en la toma de decisiones (Bechara et al. 1999; Brand et al., 2007; De Martino, Camerer y Adolphs, 2010; Weller et al., 2007) y su involucración en las respuestas condicionadas e incondicionadas a los estímulos (Amorapanth, LeDoux y Nader, 2000; Bechara et al., 1995; LaBar, et al., 1995; Malkova et al., 1997). Las lesiones en la amígdala tienen un impacto significativo en el procesamiento de información compleja y cognitiva previamente aprendida, que ha adquirido propiedades capaces de provocar respuestas emocionales automáticas y obligatorias. Este deterioro resalta la función crítica de la amígdala en la regulación del estado emocional y en la integración de respuestas emocionales en el proceso de toma de decisiones. En consecuencia, las lesiones en esta región cerebral pueden desequilibrar la interacción entre emociones y procesos cognitivos, afectando de manera considerable la forma en que respondemos a estímulos emocionales y tomamos decisiones.

La región de *vmPFC* participa en la mayoría de los inductores secundarios, desde nuestro recuerdo de un evento emocional personal o hipotético. Estos son “recuerdos” de un inductor primario, que cuando se trae a la memoria provoca un estado somático. Es decir, la *vmPFC* proporcionan el sustrato para el aprendizaje de la asociación entre situaciones complejas, por un lado, y el tipo de estado biorregulador (incluido el estado emocional) asociado a una experiencia pasada. La corteza orbitofrontal con sus conexiones con la *vmPFC* y la corteza cingulada anterior son regiones cerebrales clave involucradas en el valor de la recompensa y la emoción en humanos y otros primates, como lo demuestra la evidencia de grabaciones neuronales, activadas por recompensas y castigos, y emoción alterada después del daño (Rolls, 2019a, Rolls, 2019b, Rolls et al., 2020, Rolls, 2021, Rolls, 2023). Por otro lado, se cree que el procesamiento de recompensas y las funciones de toma de decisiones de *vmPFC* dependen, en parte, de las interacciones con el cuerpo estriado ventral y la amígdala. La *vmPFC* juega también un

papel importante en la regulación de la emoción negativa, por ejemplo, del condicionamiento del miedo. Además, los humanos con lesiones de *vmPFC* muestran un afecto embotado y una reactividad fisiológica disminuida a los estímulos aversivos (Barrash et al., 2000; Damasio et al., 1990). Además de los resultados que vinculan el *vmPFC* con el procesamiento de valores, la toma de decisiones y la regulación de emociones, el *vmPFC* también se ha implicado en una serie de funciones cognitivas sociales relevantes para la enfermedad mental. Por ejemplo, los pacientes con daño en la *vmPFC* presentan deficiencias en la empatía (Barrash et al., 2000; Shamay-Tsoory et al., 2009) y el reconocimiento de emociones faciales (Heberlein et al., 2008). Las lesiones del córtex orbitofrontal producen, por tanto, una incapacidad para generar marcadores somáticos apropiados en respuesta a inductores secundarios, explicando la dificultad de los pacientes con lesiones en estas áreas para generar emociones asociadas a eventos relevantes de su vida (Bechara et al., 2000, 2003).

Otras áreas cerebrales importantes implicadas en el funcionamiento de los marcadores somáticos están a nivel del córtex orbitofrontal lateral y el córtex prefrontal dorsolateral, donde la influencia de los marcadores somáticos se produce a nivel de “pensamientos”, en lugar de a nivel conductual. El individuo pondera distintas opciones y escenarios en la memoria de trabajo, y a través de los marcadores somáticos se potencian determinadas opciones y se rechazan otras, y después se traducen en conductas. Por otro lado, en las cortezas insulares y las cortezas somato-sensoriales primarias y secundaria, áreas del cerebro relacionadas con la representación de señales corporales, se produce la consolidación de valores afectivos asociados a señales somáticas (Bechara et al., 2003). Y en la corteza cingulada se produce la monitorización del proceso e inhibición de respuesta en situaciones de incertidumbre. La corteza cingulada anterior y el área suplementaria motora adyacente (relacionadas con la programación de la acción) estarían implicadas en la influencia explícita de estos marcadores. Por último, el núcleo estriado parece especialmente implicado en la modificación de la conducta a través de la influencia de marcadores somáticos de manera implícita (decisiones tomadas sin conciencia explícita).

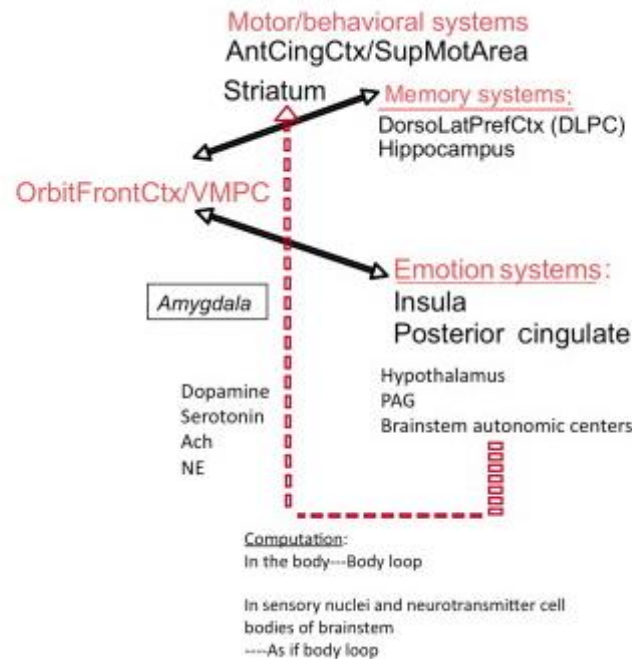


Figura 1.1. Representación esquemática de todas las regiones cerebrales involucradas en la toma de decisiones según la SMH, extraída de *Handbook of Reward and Decision Making* (Dreher & Tremblay, 2009).

Los marcadores somáticos son sumamente importantes porque apoyan los procesos cognitivos y contribuyen a una toma de decisiones ventajosas (inhibiendo la tendencia a buscar el refuerzo inmediato), facilitando la representación de escenarios futuros en la memoria de trabajo. La ausencia o alteración de los marcadores somáticos conduce a tomar decisiones inadecuadas o desventajosas. Por tanto, podemos decir que las emociones son también reacciones fisiológicas que preparan al cuerpo para la acción adaptativa. Entre estas señales estudiadas han estado algunas variables psicofisiológicas como cambios en la conductancia de la piel o en el patrón cardíaco.

1.1.2. Fenómeno miopía de futuro

El fenómeno miopía de futuro es la incapacidad de generar señales que guíen la toma de decisiones y por persistir en determinadas conductas asociadas con recompensas inmediatas pese a las crecientes consecuencias negativas. Este deterioro en la toma de decisiones y la miopía conductual podría estar asociada con una hipersensibilidad a la recompensa desencadenada (1) por una fuerte respuesta somática generada por inductores

primarios a la recompensa (por ejemplo, entrega de recompensa) y una respuesta somática débil generada por inductores secundarios de castigo (por ejemplo, pensamientos sobre las futuras consecuencias negativas); (2) por inductores secundarios de recompensa (por ejemplo, pensamientos sobre obtener una gran recompensa) y una respuesta somática débil generada por inductores primarios de castigo (por ejemplo, castigo inmediato).

Esta incapacidad está relacionada con la existencia de alteraciones neuropsicológicas en los procesos de toma de decisiones. Los sujetos con daño de *vmPFC* presentan una activación defectuosa de señales somáticas (señales emocionales), además estos pacientes también muestran dificultad para expresar y experimentar emociones apropiadas. Debido a este fallo en la señal emocional, los sujetos con este daño deciden, en función de la recompensa inmediata, sin utilizar las emociones que guíen el comportamiento futuro en base a las experiencias pasadas. Este déficit en el procesamiento de toma de decisiones se observó por primera vez en el laboratorio con la tarea de *Iowa Gambling Task (IGT)*, tarea que requiere que los sujetos aprendan sobre recompensas y castigos en condición de ambigüedad (Bechara et al., 1994). También estos déficits se han estudiado en otros paradigmas de toma de decisiones que incluyen apuestas arriesgadas (Camille et al., 2004; Pujara et al., 2015), aprendizaje de refuerzo probabilístico (Fellows y Farah., 2003; Wheeler y Fellows., 2008), e intercambio económico (Koenigs y Tranel., 2007; Krajchich et al., 2009) etc.

1.1.3. Iowa Gambling Task

La *IGT* (Bechara, 2007; Bechara et al., 2000, 1994) es el mayor soporte empírico de la Teoría del Marcador Somático y es una de las tareas aplicadas con mayor frecuencia para el proceso de toma de decisiones bajo ambigüedad. Fue diseñada para simular la toma de decisiones en la vida real en término de incertidumbre de los resultados y variables, entre ellos la recompensa y el castigo (Bechara et al., 1996, 1999). Es decir, en la *IGT* se genera un conflicto entre la elección de una recompensa inmediata y un castigo probable. La *IGT* ha influido fuertemente en el interés por las bases cognitivas y emocionales de la toma de decisiones complejas y el fenómeno relacionado del aprendizaje basado en las emociones. Como instrumento se utiliza para medir la influencia de las emociones en el proceso de toma de decisiones y permite valorar la competencia de los sujetos a la hora de tomar decisiones acertadas en situaciones ambiguas, a través de los sistemas cognitivos relacionados con la toma de decisiones: 1)

un sistema de impulsos localizado en la amígdala; y 2) un sistema reflexivo integrado en la corteza ventromedial (Bechara, 2005). Por lo tanto, no sólo los déficits cognitivos parecen mediar en las dificultades al momento de tomar decisiones (sistema reflexivo); también, el componente emocional (sistema de impulsos) juega un papel importante en este proceso. A parte de la toma de decisiones, la flexibilidad mental y la sensibilidad a la recompensa/castigo son necesarias para realizar con éxito la tarea (Fellow y Farah, 2005; Hay & Mimura., 2006).

En la *IGT*, los participantes juegan una prueba de cartas computarizada en la que tienen que aprender a seleccionar cartas de cuatro mazos, dos de ellos ventajosos (C y D) y dos desventajosos (A y B) debido a sus contingencias de ganancias y pérdida monetarias asociadas. Las instrucciones que se dan a los participantes en esta tarea son que ganen el máximo dinero posible, intentado también evitar en la medida que puedan las pérdidas monetarias. La tarea se realiza durante 100 ensayos, en cada ensayo se selecciona una carta de los cuatro mazos. En la figura 2 se muestra un ejemplo de un ensayo de la tarea, en la cual, después de seleccionar un mazo, el participante recibe retroalimentación sobre las ganancias y pérdidas monetarias asociadas con el mazo seleccionado.

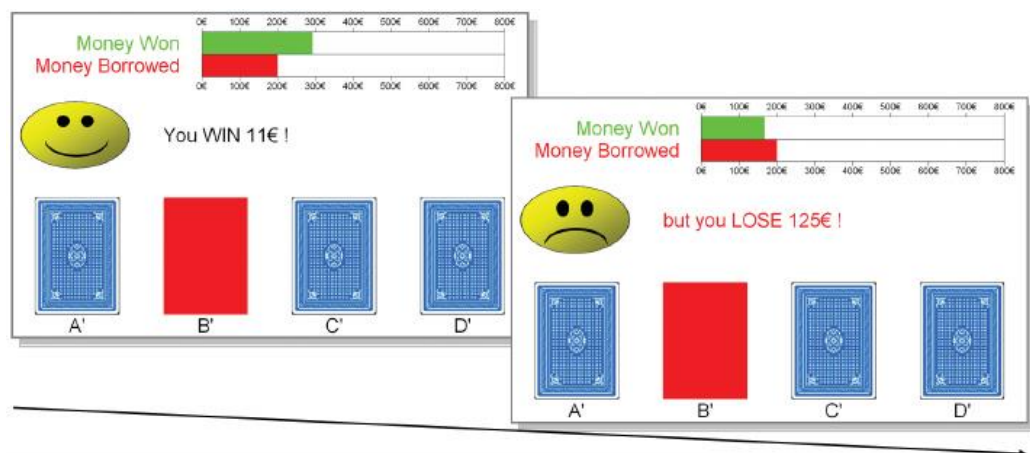


Figura 1.2. *IGT versión computarizada (Bechara et al., 2007).*

Cada mazo aparece asociado a una recompensa monetaria y, a veces, segundos después de la recompensa, también a una pérdida monetaria. Los mazos C y D están asociados con ganancias menores, pero también con pérdidas menores. En cambio, los mazos A y B presentan ganancias mayores pero también pérdidas mayores. La estrategia apropiada consistiría en seleccionar más cartas de las barajas ventajosas (C y D) porque es la estrategia en la que se obtienen más ganancias monetarias a largo plazo. Los mazos

presentan diferencias en su frecuencia y magnitud de castigo y recompensa (pérdida y ganancia de dinero).

- En el mazo A, el castigo es frecuente y de magnitud relativamente pequeña (50%) y en el mazo B, el castigo es poco frecuente y de mayor magnitud (incrementando un 10% por cada bloque de 10 mazos).
- En los mazos C y D, los castigos son de menor magnitud, teniendo el mazo C una mayor frecuencia de castigo (frecuencia de pérdida del 50%), y el mazo D una menor frecuencia de castigo (frecuencia de pérdida del 10%).

El comienzo de la tarea es muy incierto para los participantes y un buen desempeño reflejaría un aprendizaje tanto implícito como explícito. Normalmente, al inicio de la prueba los participantes comienzan eligiendo los mazos más arriesgados, hasta que toman conciencia de las contingencias monetarias de estos mazos, y cada vez juegan de manera más conservadora (Martínez Selva et al., 2006). Para registrar los cambios en el comportamiento, se han utilizado diferentes estrategias: a) analizar por separado los cinco bloques de 20 elecciones de mazos consecutivas, el rendimiento en el *IGT* se obtiene mediante la fórmula $(C+D) - (A+B)$. Los resultados positivos en esta tarea serían un indicativo de que la tarea se realizó sin asumir riesgos y se entiende que el participante ha aprendido la dinámica de las contingencias de los mazos. Sin embargo, los resultados negativos reflejarían una falta de aprendizaje en esta dinámica. b) analizar el rendimiento teniendo en cuenta sólo los últimos bloques de la tarea, dividiendo la *IGT* en dos medidas aprovechando dos contextos de toma de decisiones: decisión bajo ambigüedad (es decir, en los primeros bloques, en los que el participante no sabe mucho sobre la relación entre la recompensa y castigo de cada mazo) y decisión bajo riesgo (en los últimos bloques, cuando las características ventajosas y desventajosas de los mazos quedan más claras para el participante) (Brand, Recknor, et al., 2007; Buelow et al., 2014). En este caso, se calcularía la puntuación neta original de la *IGT* en las primeras 50 elecciones de mazos y en las últimas 50 elecciones de mazos. c) analizar el rendimiento de la *IGT* es a través del análisis de *IGT* parcial calculada a partir del análisis de los resultados de los cinco bloques pero dividiéndolos en dos fases: fase de aprendizaje (compuesta por los tres primeros bloques) y la fase de ejecución de la tarea (constituida por los dos últimos bloques). Durante la fase de aprendizaje de la *IGT*, la retroalimentación implícita es comparable a la incertidumbre experimentada en decisiones de la vida real (Bechara, 2007; Brevers et

al., 2013). En la fase de ejecución, el efecto de aprendizaje inverso puede resaltar en el momento en que los participantes aprenden la estrategia ventajosa (Pasion et al., 2017).

La *IGT* es un soporte de la *SMH* porque los sujetos asignan valores emocionales a los mazos en función de las experiencias previas de recompensa y castigo con los mismos. Este aprendizaje emocional permite que el sujeto genere respuestas emocionales que anticipan las consecuencias que se derivan de seleccionar cartas de los mazos desfavorables, guiando sus elecciones hacia los mazos favorables. Un mal rendimiento en la *IGT* puede deberse a diferentes factores: preferencia por las opciones de alto riesgo, incapacidad para evaluar las posibilidades de recompensa, hipersensibilidad a la recompensa, insensibilidad al castigo, problemas en funciones ejecutivas (como memoria de trabajo deficiente o inflexibilidad atencional) y desinhibición o problemas en el control de impulsos.

Esta tarea fue diseñada para medir la sensibilidad ante los síntomas de “miopía para el futuro” en los pacientes con lesión en la *vmPFC* (Bechara, Damasio y Damasio, 2000). El primer estudio llevado a cabo con la *IGT* (Bechara et al., 1994) pareció confirmar las predicciones del grupo de Damasio. Los participantes control comenzaban sacando cartas principalmente de los mazos malos (A y B) pero, tras cierto número de ensayos, su preferencia iba cambiando hacia los mazos buenos (C y D), lo que indicaba que de alguna manera percibían que A y B resultaban netamente desfavorables a largo plazo. Por el contrario, los pacientes ventromediales no dejaban de sacar cartas principalmente de los mazos malos durante todo el juego. Este aprendizaje emocional en los participantes control permite que desarrollen “marcadores somáticos” (señales emocionales) que anticipan las consecuencias negativas de las opciones desventajosas, guiando en la toma de decisiones para que estas sean más adaptativas. Por el contrario, los pacientes orbitofrontales tienen dificultad para desarrollar estas señales emocionales asociadas al valor afectivo de los distintos mazos y no tienen la capacidad de anticipar las consecuencias de sus elecciones (Bechara et al., 1997; Bechara, Tranel y Damasio, 2000).

Todo el trabajo desarrollado con la *IGT* ha proporcionado la clave empírica que apoya la propuesta de los marcadores somáticos, permitiendo comprobar la existencia de estas señales emocionales y cómo influyen significativamente en la toma de decisiones (Bechara y Damasio, 2005).

1.1.3.1. *IGT en población sana y población clínica.*

Numerosos estudios han aportado evidencia de la fiabilidad y validez de la *IGT* para la evaluación de la toma de decisiones en muestras no clínicas (Shukla, 2019). En individuos sanos se ha observado que al inicio de la *IGT*, tienden a seleccionar los mazos más arriesgados, que conlleva recompensas y pérdidas más significativas. Sin embargo, alrededor del ensayo 40, cambian su elección hacia los mazos ventajosos que proporcionan recompensas a largo plazo (Martínez Selva et al., 2006). Por tanto, los participantes sanos aprenden a evitar los mazos desventajosos (A y B) que generan más pérdidas monetarias en general y, en cambio, prefieren los mazos ventajosos (C y D) que generan más ganancias monetarias. Sin embargo, algunos estudios han explorado características de la *IGT* que pueden influir en la toma de decisiones de los participantes sanos, como la confusión de la frecuencia de las pérdidas (Huizenga, Crone y Jansen, 2007, Lin et al., 2007). A pesar de estos hallazgos, en general, los participantes sanos demuestran un rendimiento positivo en la prueba, y este efecto se mantiene a lo largo de los bloques de la *IGT*.

Bechara y su equipo incorporaron medidas de registro psicofisiológico, específicamente la conductancia de la piel y encontraron que los individuos sanos desarrollaban señales fisiológicas, como aumentos en la conductancia de la piel, anticipándose a sus decisiones, especialmente antes de elegir cartas de los mazos desventajosos. Por otro lado, los pacientes con lesiones orbitofrontales no desarrollaban señales emocionales anticipatorias y elegían constantemente cartas de los mazos desventajosos a lo largo de la tarea (Bechara et al., 1994, 1997).

En población clínica la *IGT* se ha utilizado para evaluar la toma de decisiones en diversas patologías, incluyendo trastornos adictivos (Bechara y Damasio, 2002; De Wilde et al., 2013; Xiao et al., 2009; 2013), trastorno obsesivo compulsivo (Whitney et al., 2004), juego patológico (Cavedini et al., 2002), psicopatía (Van Honk et al., 2002), control de impulsos con agresividad (Best et al., 2002) y trastornos afectivos (Jollant et al., 2005), entre otros.

Una parte de la población que es objeto de estudio en esta tesis está compuesta por población reclusa, que se caracteriza por presentar problemas relacionados con el consumo de drogas (Bringas Molleda et al., 2010, 2013; Friedmann et al., 2008) y comportamientos violentos (Chaguendo-Quintero et al., 2023; Nummenmaa et al., 2021). Esta población presenta un comportamiento similar a los pacientes con lesiones en la

amígdala y pacientes con lesiones bilaterales de la *vmPFC* en la *IGT*, mostrando una preferencia por la recompensa inmediata, independientemente de las futuras consecuencias negativas (Bechara, 2004; Bechara et al., 1994; 2000). Mogedas y Valladares (2011) han encontrado en una muestra de drogodependientes una alteración en la toma de decisiones y un menor rendimiento, sus elecciones estaban dirigidas a recompensas inmediatas asumiendo el riesgo de sufrir grandes pérdidas (mazos A y B). Diversos estudios señalan la implicación de un doble mecanismo en este patrón de conducta: a) hiperactivación de las señales somáticas relacionadas con la recompensa asociada al consumo, y, b) hipoactivación o inhibición de las señales somáticas relacionadas con las futuras consecuencias adversas de ese consumo. Este doble mecanismo sería responsable de que los marcadores somáticos, que normalmente guían los procesos de toma de decisiones en un sentido adaptativo para la supervivencia del organismo, sean incapaces de guiar la elección de determinados cursos de acción en los sujetos drogodependientes (Bechara et al., 2002; Bechara y Damasio, 2002; Verdejo y Bechara, 2009; 2010; Verdejo, Lawrence y Clark, 2008).

La aplicación de la *IGT* en sujetos perpetradores de violencia de género ha sido menos explorada reduciéndose sus estudios a población reclusa y en población con psicopatía o con trastorno antisocial de la personalidad. Varios estudios encuentran que estos sujetos presentan dificultades para el aprendizaje de las reglas de esta prueba a través de la retroalimentación (Beszterczey et al, 2013; Van Honk, 2002). También se encuentra en población que presenta conductas violentas una mayor sensibilidad a las recompensas (Broomhall, 2005; Cherek, et al., 1997; Mitchell et al., 2002).

1.2. El Modelo de Thayer: El modelo de Integración neurovisceral.

Thayer y su equipo proponen un circuito neural recíproco que conecta estructuras corticales y subcorticales, actuando como nexo entre procesos psicológicos (control ejecutivo) y procesos psicofisiológicos (emoción). Este modelo propone un circuito inhibitorio recíproco entre estructuras neurales corticales y subcorticales, conectando emociones, procesamiento cognitivo y regulación fisiológica autonómica. La Red Autónoma Central (en inglés: *Central Autonomous Network, CAN*), está integrada por estructuras corticales (la corteza cingulada anterior y la corteza prefrontal) y por estructuras subcorticales (el hipotálamo, la amígdala y el núcleo del tracto solitario). Todas estas estructuras están interconectadas para regular de forma eficiente las respuestas emocionales y autonómicas del organismo, desempeñando un papel crucial en la adaptación a diferentes estímulos y en la preservación de la homeostasis interna.

1.2.1. La Red Autónoma Central y La Red Ejecutiva Anterior.

Thayer indica que la *CAN* abarca diversas áreas que incluyen las cortezas prefrontal cingulada anterior, insular y ventromedial, el núcleo central de la amígdala, los núcleos paraventriculares y otros relacionados en el hipotálamo, la sustancia gris periacuaductal, el núcleo parabraquial, el núcleo del tracto solitario (*NTS*), el núcleo ambiguo, la médula ventrolateral, la médula ventromedial y el campo tegmental medular. La salida principal de esta red se da a través de neuronas simpáticas y parasimpáticas preganglionares. Estas neuronas inervan el corazón a través de los ganglios estrellados y el nervio vago. La compleja variabilidad en la frecuencia cardíaca se origina en la interacción de estas entradas en el nodo sinoauricular del corazón (Saul, 1988). Cabe mencionar que el control inhibitorio tónico del nodo sinoauricular es esencial y se logra gracias a interneuronas con ácido γ -aminobutírico (GABA) en el *NTS*, siendo el GABA el principal neurotransmisor inhibitorio en el sistema nervioso central (SNC). Interrupciones en esta vía inhibitoria pueden resultar en hipertensión y taquicardia sinusal, representando una desinhibición de los circuitos simpatoexcitadores dentro de la Red Autónoma Central (Benarroch, 1993; 1997; Masterman y Cummings, 1997). En definitiva, estas interconexiones neuronales permiten que la corteza prefrontal ejerza un control inhibitorio sobre estructuras subcorticales, facilitando respuestas al entorno y ajustes de comportamiento.

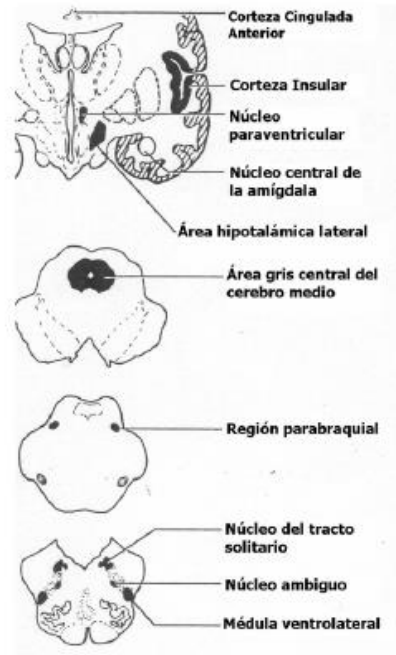


Figura 1.3. Representación de la CAN, (Benarroch, 1997).

Algunas de las características de la CAN son las siguientes:

- Sus componentes están interconectados recíprocamente. Esto permite interacciones continuas de retroalimentación positiva y negativa y la integración de respuestas autónomas.
- Está compuesta por una serie de vías paralelas y distribuidas, lo que permite múltiples vías para una respuesta determinada. Por ejemplo, un cambio determinado de la frecuencia cardíaca de 68 a 80 latidos por minuto se puede lograr mediante varias combinaciones de entradas simpáticas y parasimpáticas al nódulo sinoauricular, incluido un aumento de la actividad simpática, una disminución de la actividad parasimpática o cualquier combinación de ambas, así como a través de otras vías, como las hormonas circulantes. Dentro de la CAN las vías directas e indirectas pueden modular la salida a las neuronas simpáticas y parasimpáticas preganglionares.

El Modelo de Integración Neurovisceral (en inglés: *Neurovisceral Integration Model*, NVM) propone que la CAN a través de activación de las estructuras corticales (o corteza prefrontal) provoca una inhibición de las estructuras subcorticales asociadas con comportamientos defensivos. La carencia de flexibilidad autonómica refleja un déficit en

la rama parasimpática del Sistema Nervioso Autónomo: el balance autonómico tiende de forma crónica a la activación simpática (Thayer y Siegle, 2002). La función inhibitoria de la corteza prefrontal sobre las estructuras subcorticales es posible gracias a las interconexiones neuronales. Existe una considerable evidencia neurológica que indica que la corteza prefrontal actúa como mediadora de funciones ejecutivas, tales como la autonomía conductual y el autocontrol (Lyvers, 2000; Thayer y Friedman, 2002; Thayer y Lane, 2000). Por ejemplo, se puede destacar que: 1) un daño en el área orbitofrontal conduce a la desinhibición y perseveración de la conducta, así como a una incapacidad para evaluar las consecuencias de las propias acciones, 2) las lesiones en la región dorsolateral resultan en déficits cognitivos, como la disminución en la capacidad para relacionar estímulos, el deterioro de la abstracción y rigidez en el cambio de pensamiento; y 3) la lesión simultánea de la corteza frontal medial y el cíngulo anterior se asocia con la apatía y déficits en la orientación hacia el futuro (Rodríguez Ruiz, 2005).

Las conexiones inhibitorias más conocidas de las zonas prefrontales están establecidas con la amígdala (Thayer y Lane, 2000; Thayer y Siegle, 2002). Diversos estudios con neuroimágenes han encontrado decrementos en la activación prefrontal acompañados de incrementos en la activación de la amígdala y de decrementos en la variabilidad cardiaca. Por tanto, la amígdala parece ser la estructura subcortical que media entre la actividad prefrontal y la actividad cardiaca: la inhibición de la amígdala produciría, a través de sus proyecciones sobre el hipotálamo lateral y los núcleos del tronco cerebral, un incremento en el control vagal y, simultáneamente, una disminución en el control simpático sobre el corazón. Diversos estudios en animales y humanos indican que una amígdala intacta conlleva un mayor Reflejo Motor de Sobresalto y una respuesta de sobresalto intensificada durante la exposición a contextos desagradables (Aggleton, 1992; Aggleton & Mishkin, 1986, Aggleton & Young, 2000; Angrilli et al., 1996).

Davidson, Putman y Larson (2000) proponen que el mecanismo subyacente a la supresión de las emociones negativas consiste en una conexión inhibitoria entre las regiones prefrontales y la amígdala. La activación de la amígdala suele ir acompañada de menor activación en la corteza prefrontal durante las emociones negativas (Thayer y Friedman, 2002; Thayer y Lane, 2000; Thayer y Siegle, 2002).

En cuanto a la relación entre la *CAN* y las funciones ejecutivas, incluyendo la flexibilidad cognitiva, el objetivo del *NVM* es explicar la interacción compleja entre los

procesos fisiológicos, afectivos y cognitivos. Las funciones ejecutivas son procesos de control cognitivo que incluyen la inhibición de respuestas prepotentes, la flexibilidad cognitiva (capacidad para adaptarse a situaciones novedosas) y la actualización y seguimiento de información en la memoria de trabajo (Miyake et al., 2000). Estos procesos permiten adaptar de manera flexible el comportamiento y la cognición de los objetivos personales a las demandas ambientales cambiantes. Se ha sugerido que la flexibilidad cognitiva es esencial para regular efectivamente las emociones (Genet y Siemer, 2011; Ochsner y Gross, 2008).

Además, dentro del Sistema Nervioso Central (SNC), se han identificado otras unidades funcionales que respaldan el comportamiento ejecutivo, social, afectivo, atencional y motivado en humanos y animales (Damasio, 1998; Devinsky et al., 1995; Masterman y Cummings, 1997; Posner y Petersen, 1990). Una de esas unidades funcionales ha sido denominada Región Ejecutiva Anterior (en inglés: *Anterior Executive Region*, AER)(Devinsky et al., 1995). Tanto la AER como la CAN, junto con sus proyecciones, tienen un papel importante en la regulación del comportamiento basado en la naturaleza motivacional de los estímulos externos e internos; y han sido reconocidas como parte de una red funcional identificada por diferentes autores desde diversas perspectivas (Fernández-Duque y Posner, 2001; Masterman y Cummings, 1997; Posner y Di Girolamo, 1998). Ambas estarían asociada con procesos de organización y selección de respuesta, y modula los recursos psicofisiológicos en atención y emoción (Friedman y Thayer, 1998; Thayer y Friedman, 1997).

Varios estudios respaldan el papel inhibitorio de la corteza prefrontal medial a través del nervio vago, proponiendo circuitos neurales inhibitorios entre áreas corticales y subcorticales (Benarroch, 1993; Davidson, 2003; Masterman y Cummings, 1997). Estos hallazgos sugieren que la actividad cortical influye en la regulación de circuitos subcorticales relacionados con comportamientos motivacionales fundamentales. Davidson (2003) destaca una relación bidireccional entre la actividad en la corteza prefrontal y la amígdala (LeDoux, 2000). Además, es relevante señalar que este punto de conexión estructural no sólo vincula procesos psicológicos como la atención y la emoción, sino que también con procesos fisiológicos (Thayer y Lane, 2000; Thayer y Siegle, 2002; Thayer y Friedman, 2002).

Se ha sugerido que, durante situaciones de estrés emocional, la inactivación de la corteza prefrontal permite que los procesos automáticos regulen el comportamiento de

manera adaptativa. Esto posibilita que las estructuras subcorticales, como la amígdala, organicen rápidamente las respuestas sin la interferencia de los procesos guiados deliberada y conscientemente (corteza prefrontal) (LeDoux, 1996).

Es importante tener en cuenta que la inhibición, la respuesta demorada y la flexibilidad mental son elementos esenciales para lograr con éxito la autorregulación y adaptación del organismo. Sin embargo, el estrés puede llevar a desactivaciones de la corteza prefrontal y a activaciones demasiado prolongadas de la amígdala, lo cual podría desencadenar hipervigilancia y disposiciones conductuales defensivas. Estas manifestaciones se reflejan en una inflexibilidad autonómica, atencional y emocional (LeDoux, 1996).

Finalmente, se puede inferir que la *CAN*, la *AER*, el “circuito de emociones” (Damasio, 1998) y sus proyecciones formarían parte de la misma red funcional (Fernández-Duque y Posner, 2001; Masterman y Cummings, Posner y Di Girolamo, 1998). Esta red está relacionada con la organización y elección de respuestas, así como con la modulación de recursos psicofisiológicos en la atención y la emoción como han señalado Friedman y Thayer (1998) y Thayer y Friedman (1997).

1.3. El modelo de P. J. Lang: la Teoría Bio-Informacional de Peter Lang.

1.3.1. El estudio científico de la emoción.

El interés por el estudio de las emociones ha aumentado mucho en los últimos años en áreas como la psicología debido a los estudios centrados en su influencia en diferentes procesos cognitivos, como la inflexibilidad cognitiva (Lang et al., 1997) y la toma de decisiones (Damasio, 1994). El estudio de las emociones es importante para la toma de decisiones, como afirma la *SMH* (Damasio, 1994).

Las emociones se han caracterizado como una respuesta orgánica a un evento ambiental que permite la rápida movilización de múltiples subsistemas para la acción (Levenson, 1988) y sirven como índice integrador del ajuste de un individuo a las demandas ambientales. Dicho de otra manera, las emociones son respuestas autorreguladoras que permiten coordinar de manera eficiente al individuo para un comportamiento dirigido a un objetivo. Si las emociones se expresan de manera adaptada en tiempo y magnitud al contexto situacional en el que se desarrollan es más probable que faciliten respuestas adaptativas (Miguel-Tobal y Cano-Vindel., 2002; Šimić et al., 2021). La capacidad de regular es la habilidad del individuo para ajustarse fisiológicamente al contexto (Gross, 1998; McRae y Gross., 2020) y es vital para el desarrollo social (Eisenberg, 2001; Helion et al., 2019; Scherer, 2022). La regulación de la emoción puede implicar un proceso de arriba-hacia-abajo para cambiar la intensidad subjetiva de una emoción y sus secuelas fisiológicas concurrentes (Beauchaine, 2015; Etkin, Büchel y Gross, 2015; Gross y John, 2003; Gross y Jazaieri, 2014; Heatherton, 2011; Keltner y Gross, 1999; Ochsner et al., 2002; Ochsner et al., 2009, Zelazo, 2015).

La emoción ha sido estudiada desde diversos enfoques, como el modelo bifásico de Konorski de 1967, ampliado por Dickinson y Dearing en 1979. Este modelo clasifica los reflejos incondicionados en conservadores o protectores, creando dos sistemas motivacionales opuestos: el apetitivo y el aversivo. Konorski (1967) consideró a los reflejos incondicionados del organismo claves para la supervivencia de las especies y los clasificó en conservadores como, por ejemplo, la alimentación; o protectores como, por ejemplo, la huida. Los reflejos conservadores y protectores fueron denominados como sistema motivacional apetitivo y sistema motivacional aversivo, respectivamente. El sistema motivacional apetitivo está relacionado con afecto positivo y el sistema motivacional aversivo con afecto negativo. Aunque algunas reacciones son únicamente apetitivas o defensivas, muchos patrones fisiológicos y comportamentales son similares

en ambos contextos y mediados por las mismas estructuras neuronales (Lang y Bradley, 2010). En definitiva, desde esta perspectiva se entiende a la emoción como una disposición a la acción (Frijda, 1986, 1987) y esta acción o conducta es consecuente a un estado emocional previo, puede situarse en un punto de un continuo con dos polos opuestos, aproximación/evitación (Schneirla, 1959).

Desde una perspectiva dimensional de la emoción, las dimensiones clave incluyen la dirección o valencia (que se refiere a si es afecto positivo o negativo) y el arousal (relacionado con la intensidad de la emoción). Además, la investigación sobre el comportamiento emocional ha dado lugar a una tercera dimensión llamada dominancia, que explica cómo ciertos factores interrumpen o controlan las respuestas de lucha o huida en favor de normas sociales o evaluación de la situación que favorecen comportamientos defensivos más adaptativos (como la inhibición de la agresión en ciertas circunstancias).

Más adelante, surgió la **Teoría Bio-Informacional de Peter Lang** (1968, 1979, 1993) que parte desde el aspecto dimensional de las emociones y las define como disposiciones a la acción, estados de vigilancia que varían de forma importante en función del afecto, de la fisiología y del comportamiento. El planteamiento teórico de Lang rompe con las viejas dicotomías en el estudio científico de la emoción: periferalismo-centralismo, especificidad-dimensionalidad y fisiológico-cognitivo (Vila y Fernández-Santaella, 2004; Vila y Guerra, 2010). La organización jerárquica de la emoción y sus mecanismos de activación cuenta con elementos que son simultáneamente específicos (nivel inferior) y dimensionales (nivel superior), cognitivos (red de información) y fisiológicos (funcionamiento corporal). El planteamiento básico del modelo es cognitivo y, por lo tanto, central. Por otra parte, las manifestaciones funcionales de las emociones siguen una organización jerárquica en cuya base se encontrarán los actos específicos de respuesta emocional (la especificidad) y en la cúspide las disposiciones dimensionales (la dimensionalidad). En un nivel intermedio están los programas emocionales.

El modelo de Lang presta especial atención a la organización estructural de las reacciones emocionales:

- a. En el nivel inferior predominan los patrones específicos de respuesta emocional (la especificidad) con una topografía fisiológica y conductual específica, manifestándose las reacciones emocionales como patrones específicos de acción dependientes del contexto.

- b. En el nivel intermedio predominan los programas emocionales, integrados por subrutinas de ataque, huida, búsqueda de alimentos o aproximación. En este nivel se encuentran las categorías emocionales: el miedo, la ira, la tristeza etc. Estas categorías emocionales muestran similitudes de respuesta ante diferentes contextos.
- c. En el nivel superior predominan las disposiciones dimensionales. Todas las reacciones emocionales comparten ciertas características: 1) direccionalidad (tendencia a la aproximación o a la evitación), 2) intensidad (mayor o menor requerimiento de energía) y 3) control (continuidad o interrupción de la secuencia conductual).

Las tres características que constituyen las dimensiones en el nivel superior son: valencia (agradable-desagradable), arousal (activado-calmado) y dominancia (controlador-controlado) (Lang, 1995; Lang, Bradley y Cuthbert, 1997). La dimensión de valencia representa el eje central en la organización de la experiencia emocional, refiriéndose al sistema motivacional que se activa, ya sea apetitivo o defensivo. Es esta dimensión la que tiene mayor impacto en la jerarquía de las emociones, debido a la presencia en el cerebro de dos sistemas motivacionales primarios: el apetitivo (orientado hacia comportamientos consumatorios, sexuales o de crianza) y el defensivo (centrado en comportamiento de protección, escape o evitación). Existe un sustrato neurofisiológico específico para esta dimensión, que se activa de manera aditiva para determinar la valencia final de la emoción (Gantiva, Guerra y Vila, 2011), lo que fundamenta la naturaleza bipolar de esta dimensión. Entre los circuitos neurales estudiados hasta la fecha, el sistema defensivo es el más ampliamente investigado y reconocido, siendo una de sus principales estructuras subcorticales el núcleo central de la amígdala (Davis, 1997; Kenwood et al., 2022; Lang, Davis y Öhman, 2000; Whittle et al., 2021).

La dimensión de arousal es la intensidad de la respuesta emocional, hace referencia a la energía invertida durante la emoción y se ha demostrado que aumenta tanto por la activación del sistema motivacional apetitivo como por el defensivo (Gantiva y Camacho, 2016). Esta dimensión no tendría un sustrato neurofisiológico separado, sino que representa bien activación metabólica y neural de cualquiera de los dos sistemas (el apetitivo o el defensivo), bien co-activación de ambos sistemas. Los dos sistemas motivacionales primarios podrían funcionar de forma aditiva. Sin embargo, en cuanto a sistemas de acción, el apetitivo y el defensivo funcionarían de forma recíprocamente

inhibitoria. La dirección general de la conducta (aproximación-evitación) dependerá de las fuerzas relativas de activación de ambos sistemas.

Por último, la dimensión de dominancia es la que menor peso tiene en el modelo teórico de Lang y es la dimensión más reciente a nivel evolutivo, ubicándose en la corteza prefrontal y hace referencia al grado de control que se experimenta sobre la respuesta emocional, y permite la interrupción o continuidad de la respuesta conductual (Bradley y Lang, 2007). El análisis de esta dimensión es crucial en los estados emocionales donde se observa la coactivación de los dos sistemas motivacionales apetitivo y defensivo. La aparición de conflicto emocional puede ser señalada por la tendencia opuesta en los cambios de valencia y dominancia.

Por otro lado, hace especial hincapié en la interacción entre el sistema conductual, el sistema expresivo-lingüístico y el sistema fisiológico:

1. El sistema conductual incluye tanto las acciones externas típicamente emocionales (aproximación, ataque, huida) como los efectos de la emoción en la ejecución de tareas no emocionales (atención, memoria, aprendizaje) facilitándolas o dificultándolas.
2. El sistema expresivo-lingüístico abarca tanto la comunicación verbal directa de naturaleza emocional (expresiones de felicidad, tristeza, temor, enojo) como los informes evaluativos sobre las propias emociones.
3. El sistema fisiológico engloba tanto las respuestas viscerales y somáticas, que representan el respaldo logístico e instrumental para las acciones externas, como las modificaciones fisiológicas en el cerebro.

Este enfoque se centra en comprender los mecanismos de activación de la emoción. En el caso de los seres humanos, la activación de los circuitos neurofisiológicos de la emoción no sólo se desencadena por la presencia de estímulos externos relevantes para la supervivencia. Debido a las múltiples conexiones de las estructuras motivacionales primarias (subcorticales y corticales profundas) con las estructuras neurales más recientes (corticales), los circuitos neurofisiológicos de la emoción pueden activarse por el procesamiento interno de estímulos simbólicos o mediante la activación de memorias afectivas. De esta forma, se activan redes complejas de información que incluyen diferentes representaciones almacenadas en la memoria, que generarían diferentes tipos de respuesta, e incluso pueden procesarse sin llegar a ejecutar acción

alguna. Por tanto, la característica clave de una red de información emocional radica en la presencia de información de respuesta en dicha red, lo que permite la conexión entre la estructura cognitiva y los circuitos neurofisiológicos asociados a los impulsos y a la defensa. Sólo cuando se activan estos circuitos, el procesamiento cognitivo de la red se puede considerar emocional (Lang, 1994; Lang, Bradley y Cuthbert, 1998).

1.3.2. Instrumento de inducción y medida de las emociones: el IAPS.

La principal evidencia que respalda este modelo proviene de investigaciones dirigidas a conocer los circuitos psicológicos y fisiológicos de los sistemas apetitivo y defensivo utilizando como principal paradigma de investigación la visualización de imágenes afectivas. Este instrumento se desarrolló para evaluar las dimensiones afectivas y es un instrumento basado en la visualización de imágenes que proporciona datos cuantitativos sobre estas dimensiones afectivas (Center for the Study of Emotion and Attention [CSEA-NIH], 1994; Lang, Bradley y Cuthbert, 1999; Lang, Öhman y Vailt, 1988).

Las imágenes y fotografías afectivas tienen la característica de ser estímulos perceptuales complejos, altamente simbólicos, y cuya codificación emocional requiere aprendizaje y elaboración cognitiva. Tienen la ventaja de cubrir una gama más amplia de estados afectivos. Estos estímulos visuales abarcan una amplia gama de aspectos de la vida cotidiana, como deportes, moda, paisajes, desastres naturales, erotismo, violencia, entre otros, y actúan como poderosos inductores de emocionales. Además, tienen la ventaja de ser estímulos que pueden ser fácilmente presentados en contextos de laboratorio, tanto en formato analógico como digitalizado, lo que permite un control preciso sobre el momento y duración de la exposición. Sin embargo, tienen el inconveniente de ser estímulos de difícil cuantificación afectiva. La principal dificultad al emplear fotografías de la vida real para evocar emociones es su calibración psicométrica en dimensiones análogas a las métricas físicas. La aplicación de esta metodología a la evaluación de imágenes afectivas es el objetivo del Sistema Internacional de Imágenes Afectivas o *IAPS* (*International Affective Picture System*).

Las imágenes del *IAPS* proporcionan un método de inducción de estados emocionales mediante el uso de estímulos calibrados cuantitativamente y adaptados al contexto sociocultural en el que se van a aplicar, además de prestar apoyo empírico a la idea de que las emociones se organizan jerárquicamente en torno a dos sistemas motivacionales primarios (el apetitivo y el defensivo). Al utilizar el *IAPS* cubrimos una amplia gama de

estados afectivos que son facilitados por las detalladas imágenes que tienen la facilidad de ser presentadas en contextos de laboratorio.

Es un instrumento en constante desarrollo y que ha sido adaptado a la población española en las Universidades de Castellón y Granada (Moltó et al., 1999; Vila et al., 2001). En la actualidad, consta de un total de 832 fotografías a color, disponibles en forma de diapositiva y digitalizado. Los datos psicofisiológicos y conductuales indican que las imágenes del *IAPS* pueden generar cambios mensurables y confiables en los sistemas autonómico, central, muscular facial y esquelético-reflejo, así como en el propio comportamiento de las personas (Cuthbert, Bradley y Lang, 1996; Lang, 1995; Lang, Bradley y Cuthbert, 1997). En consecuencia, el registro de la electromiografía de músculos faciales y la tasa cardiaca, entre otros, representan medidas objetivas de valencia, arousal y atención (Aluja et al., 2015; Bradley et al., 2001, De Zorzi et al., 2021; Dunning et al., 2013; Mathersul et al., 2013).

El paradigma de visualización de imágenes afectivas ha revelado la existencia de covariaciones sistemáticas entre determinados componentes de las reacciones emocionales. La dimensión de valencia presenta correlaciones con diversas respuestas fisiológicas, como por ejemplo, el reflejo de sobresalto, la tasa cardiaca y la actividad electromiográfica de los músculos corrugador y cigomático. En este sentido, las imágenes desagradables producen una mayor magnitud del reflejo de sobresalto, mayor desaceleración cardiaca, mayor tensión en el músculo corrugador y menor tensión en el músculo cigomático, en comparación con las imágenes neutras y agradables, respectivamente. Asimismo, la dimensión arousal muestra covariación con la conductancia eléctrica de la piel, los potenciales corticales evocados, el tiempo de visión de las imágenes, la evaluación subjetiva de interés por las imágenes y las medidas de recuerdo y reconocimiento de imágenes previamente presentadas. Las imágenes más activantes (agradables y desagradables) generan cambios más significativos en todas estas medidas en comparación con las imágenes neutras (que son menos activantes). Estos datos vuelven a reforzar la idea de que los afectos se construyen jerárquicamente en torno a determinantes motivacionales relacionados con los sistemas apetitivo y defensivo (Bradley, 2000).

La construcción del *IAPS* se ha basado en el marco conceptual mencionado previamente y en la aplicación de un método psicométrico para la construcción de escalas: el **Maniquí de Autoevaluación** (en inglés: *Self-Assessment Manikin, SAM*) (Lang, 1980;

Lang, Bradley y Cuthbert, 2005). El SAM es un instrumento pictográfico de medida de las emociones, no verbal, de fácil y rápida aplicación. Proporciona información en una escala de 9 puntos para cada imagen *IAPS* en las tres dimensiones emocionales: valencia afectiva, excitación y dominancia. El SAM incluye tres escalas y cada una de ellas está formada por una secuencia de cinco figuras humanoides, graduadas en intensidad, que representan diferentes niveles de agrado, excitación o dominio, y que van desde un extremo de máximo desagrado, de relajación o de sentirse dominado, hasta el otro extremo de máximo agrado, de excitación o de sentirse dominador. Las evaluaciones de cada imagen se realizan colocando una X sobre una de las cinco figuras de cada escala o el cualquiera de los cuatro espacios entre figuras. Por ello, el SAM es un instrumento especialmente adecuado para su uso en países y culturas diferentes, ya que está libre de las influencias culturales y no requiere el uso del lenguaje (Lang, 1995; Lang, Bradley y Cuthbert, 1997). En el resultado de evaluación subjetiva mediante la SAM, se espera que en la dimensión de valencia, las imágenes apetitivas recibirán una puntuación más alta, mientras que las imágenes aversivas obtendrán una puntuación más baja. Respecto a la dimensión de arousal, se prevé que tanto las imágenes apetitivas como las aversivas obtengan puntuaciones más altas que las imágenes neutras. Por último, en la dimensión de dominancia, se espera que las imágenes neutras obtengan una puntuación mayor en dominancia, seguidas por las imágenes apetitivas y aversivas.

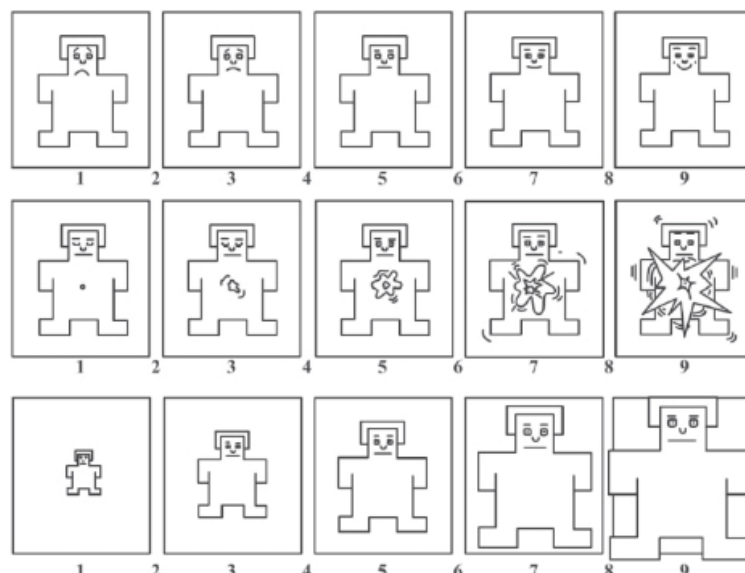


Figura 1.4. SAM para valencia, activación y dominancia.

En definitiva, la presentación de fotografías con contenido emocional ha sido uno de los métodos más empleados en la investigación con seres humanos, pues que se trata de un método efectivo para evocar estados emocionales utilizando imágenes adaptadas al contexto socioculturales como estímulos. Además, refuerza la hipótesis de que las emociones están organizadas jerárquicamente en torno a los sistemas motivacionales apetitivo y defensivo.

1.3.3. El Reflejo de sobresalto.

Entre todas las medidas psicofisiológicas y conductuales que muestran covariación con las dimensiones emocionales, el reflejo de sobresalto ha sido, indudablemente, el que ha suscitado mayor interés entre los investigadores. La modulación de la magnitud del reflejo de sobresalto cuando las personas visualizan imágenes de diferente contenido afectivo es uno de los fenómenos más robustos encontrados en la investigación experimental. El reflejo motor de sobresalto forma parte del sistema defensivo general del organismo y es un reflejo primitivo que tiene función de protección para evitar daño o lesión en algún órgano, y actúa en modo de interrupción conductual. En sus inicios, fue conceptualizado por Landis y Hunt (1939) como un reflejo compuesto por tres elementos: (a) un parpadeo, (b) una inclinación brusca de la cabeza hacia delante, y (c) una onda de flexión descendente que se transmite desde el tronco hasta las rodillas.

El Reflejo Motor de Sobresalto es un patrón de activación motora que se desencadena por una estimulación intensa o aversiva de inicio repentino, como un ruido blanco de 105 dB con una subida instantánea y una duración de 50 ms (Bradley y Lang, 2007), generando una respuesta defensiva en forma de parpadeo. En investigaciones sobre humanos, la medición más común del reflejo de sobresalto se basa en el registro psicofisiológico de este parpadeo, que es la primera y más estable manifestación del sobresalto. Este registro se realiza a través de la electromiografía (EMG) que consiste en cuantificar la magnitud de la respuesta electromiográfica integrada del músculo orbicular izquierdo, que comienza en los 100 milisegundos que siguen al inicio del estímulo hasta alcanzar su máxima magnitud. La medida de la respuesta electromiográfica se expresa en microvoltios. El perfil y la magnitud de la respuesta electromiográfica se puede obtener tanto con EMG directo como con EMG integrado. La figura 5 presenta el procedimiento del registro del parpadeo en humanos.

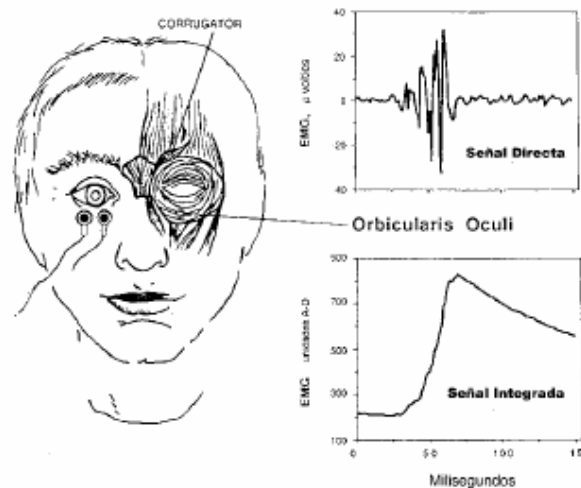


Figura 1.5. Colocación de los electrodos para el registro del electromiograma en el músculo orbicular del ojo (Lang, Bradley y Cuthbert, 1993).

El reflejo motor de sobresalto, a partir del registro de la electromiografía del musculo orbicular, utilizando el paradigma *IAPS*, ha mostrado ser un indicador confiable de la valencia de la respuesta emocional (Bradley y Lang, 2007; Bradley et al., 2018; Gantiva, Guerra y Vila, 2014; Lafo et al., 2017; Luck y Lipp, 2017; Sen et al., 2019) y de la atención (Bradley, Codispoti y Lang, 2006; Bradley, Cuthbert y Lang, 1993; De la Casa et al., 2016; Kedzior et al., 2016; Messerotti et al., 2020).

Se han investigado principalmente dos tipos de procesos moduladores que afectan al componente motor del reflejo de sobresalto: los procesos de atención y los procesos emocionales. La modulación del reflejo de sobresalto por factores emocionales fue descrita por primera vez por Brown, Kalish y Farber (1951) en el contexto de las investigaciones del grupo de Yale sobre el miedo condicionado en ratas: la respuesta de sobresalto, evaluada a través de un estabilímetro ubicado en el suelo de la caja experimental, mostró una intensificación cuando el estímulo provocador de este reflejo (en este caso el disparo de una pistola de juguete) se presentaba de manera simultánea con señales previamente asociadas a experiencia condicionadas de miedo.

Los primeros estudios de la modulación del reflejo de sobresalto en humanos fueron realizados por Vrana, Spence y Lang (1988), que utilizaron el paradigma de visualización de imágenes afectivas de manera superpuesta a la prueba de sobresalto, en

sustitución de los estímulos condicionados de miedo utilizados en los estudios con animales. Este paradigma de visualización junto con la prueba de sobresalto implica la presentación de estímulo provocador del sobresalto (ruido blanco de 105 dB, 50 ms de duración y tiempo de subida instantáneo) presentado a través de auriculares, en un contexto de percepción visual de imágenes afectivas seleccionadas de la *IAPS* (Center for the Study of Emotion and Attention, 1999; Lang, Bradley, y Cuthbert, 1999).

La mayoría de los estudios que utilizan estas imágenes junto con paradigmas de sobresalto modulados por el afectivo han adoptado un tiempo de presentación de las imágenes de 6s (Bradley, Cuthbert y Lang, 1993; Cook et al., 1992; Lang et al., 1993; Larson et al., 2005; Ruiz-Padial y Thayer, 2014; Bradley et al., 2001b; Sutton et al., 2002). El reflejo de sobresalto aparece cuando el sonido que genera el reflejo se presenta aproximadamente tres segundos después de la presentación de la imagen. La magnitud del reflejo de sobresalto aumenta durante la exposición a imágenes desagradables, muestran una magnitud intermedia durante la exposición a imágenes neutras y presenta una magnitud menor durante la exposición a imágenes desagradables.

Lang ha explicado este efecto proponiendo la **hipótesis del *priming* motivacional**. La hipótesis predice que se observará potenciación de un reflejo cuando exista congruencia entre el tipo de reflejo (defensivo o apetitivo) y el estado motivacional propio del estado afectivo en que se encuentre el organismo (defensivo o apetitivo). Por el contrario, se observará inhibición del reflejo cuando exista incongruencia entre el tipo de reflejo y el estado motivacional en que se encuentre el organismo. Desde esta perspectiva, se considera que el reflejo de sobresalto es un reflejo intrínsecamente protector o defensivo propio del sistema motivacional aversivo. Las imágenes desagradables, como las diapositivas de cuerpos mutilados, generan un estado emocional negativo, típico del sistema motivacional aversivo. La correspondencia entre estos estados emocionales intensifica la respuesta del reflejo. En contraste, los estímulos agradables, como imágenes eróticas, al provocar un estado emocional positivo característico del sistema motivacional apetitivo y, por ende, opuesto al sistema activado por el estímulo de sobresalto, provocarían la inhibición del reflejo de sobresalto.

Estos resultados han sido consistentemente reproducidos en numerosas investigaciones (Aluja et al., 2015; Bradley, Cuthbert y Lang, 1990, 1991, 1993, 1996; Bradley, Lang y Cuthbert, 1993; Boecker y Pauli, 2019; Bublatzky et al., 2013;

Conzelmann et al., 2015; Cuthbert et al., 1998; Dunning et al., 2013; Gantiva et al., 2014; Glenn et al., 2011; Le Duc et al., 2016; Mathersul et al., 2013; Muñoz et al., 2013; Lang, Bradley y Cuthbert, 1990; Pasparakis et al., 2015; Patrick et al., 1993; Sege et al., 2015). Se ha observado que la modulación emocional del reflejo de sobresalto no se limita a estímulos visuales, sino que se ha logrado mediante diferentes paradigmas que involucran estímulos afectivos de diversas modalidades. Estos incluyen secuencias de video y películas (Gross y Levenson, 1995; Jansen y Frijda, 1994; McIntosh et al., 1999; Rosselló et al., 2015), sonidos (Bradley y Lang, 2000; Roy et al., 2009; Skolnick y Davidson, 2002), olores (Ehrlichman et al., 1995; Milner et al., 1994) y otros (Sánchez et al., 2002). En resumen, el reflejo de sobresalto puede ser influenciado por una variedad de estímulos afectivos, independientemente de su naturaleza sensorial o su nivel de novedad (Bradley, Lang y Cuthbert, 1993; Hamm et al., 1993).

Aunque este efecto de la modulación emocional del reflejo de sobresalto parece ser un fenómeno bastante potente, no siempre aparece. Por ejemplo, este fenómeno no se produce en personas con un déficit emocional importante, como es el caso de los psicópatas (Esteller et al., 2016; Loomans et al., 2015; Moltó y Poy, 1997; Oskarsson et al., 2021; Pastor, 2000; Patrick, 1994; Patrick, Bradley y Lang, 1993; Patrick y Lavoie, 1997). Estudios realizados con población similar a la nuestra, como por ejemplo en psicópatas encarcelados, no presentan potenciación del reflejo motor de sobresalto ante las imágenes desagradables. Esta falta de modulación emocional en población en prisión es consistente con la hipótesis que relaciona la psicopatía con un déficit en el sistema motivacional defensivo. De manera similar, esto se observa en personas que abusan de sustancias como drogas o alcohol, y presentan un aplanamiento de la respuesta de sobresalto tanto ante estímulos agradables como desagradables. Por ejemplo, en individuos con alcoholismo, se ha observado una marcada reducción en la magnitud de la respuesta de sobresalto debido al consumo de etanol (Grillon, Sinha, O'Malley, 1994; Jurado-Barba et al., 2017; Marín et al., 2012). Estos resultados están en línea con la investigación en el ámbito animal (Rassnick et al., 1992, 1993; Weiss et al. 1976).

1.3.4. Bases neurofisiológicas de los sistemas defensivo y apetitivo.

Las investigaciones en el ámbito del sistema motivacional defensivo se centran en los análisis de las bases neurales del miedo. Este enfoque se debe a que el miedo posee características que lo hacen particularmente adecuado para su estudio en comparación

con otras emociones. Por ejemplo, las alteraciones en la regulación del miedo subyacen en muchos trastornos psicopatológicos, como el trastorno de pánico, las fobias o el trastorno de estrés postraumático. Asimismo, el miedo es una emoción universal presente en todas las culturas, y existen diversos procedimientos experimentales para inducir y medirlo de manera fiable (LeDoux, 1996). En muchos estudios neurobiológicos, el objetivo principal es focalizar anatómicamente en el cerebro la intersección entre el estímulo condicionado y el incondicionado, un proceso fundamental en la experiencia y expresión del miedo (LeDoux, 1994).

Estos estudios concluyeron que la amígdala se trata de un lugar importante en el aprendizaje del miedo, ya que se encuentra en una localización estratégica entre vías aferentes y eferentes. También son importantes las vías que conducen a la amígdala porque envían información hacia ella: regiones troncoencefálicas (relacionadas con las respuestas autonómicas), tálamo sensorial (relacionados con los sistemas sensoriales), hipocampo (relacionado con los procesos de memoria declarativa) y corteza sensorial (relacionado con el procesamiento de información más compleja). Estos datos sugieren la existencia de dos vías paralelas y a su vez independientes de activación emocional de carácter defensivo (Davis, 1992; Davis y Lang, 2001; LeDoux, 1994, 1995, 1996):

1. Una vía indirecta y lenta (consciente) que pasa por diferentes estructuras corticales, entre ellas la corteza sensorial, áreas de asociación, hipocampo y corteza prefrontal, antes de llegar a la amígdala y acabar convergiendo con la vía primaria.
2. Una vía directa y automática (no consciente) que tiene como estaciones principales de relevo neuronal el tálamo y la amígdala, sin pasar por el neocórtex. Esta vía neural permite una reacción emocional inmediata ante estímulo que son considerados relevantes ya sea por naturaleza (innatos) o debido a aprendizajes previos.

Normalmente, las dos vías de activación emocional funcionan de forma interactiva y paralela con múltiples conexiones entre ambas. Por ello, muchas reacciones emocionales pueden ser activadas por la anticipación de un peligro o el recuerdo de un suceso emocional. También puede ser que una vez disparada una reacción emocional por la vía directa (automática) esta pueda ser modulada y controlada por determinadas acciones o pensamientos de los que si somos conscientes. De hecho, la información recibida desde el tálamo por el circuito directo predispone a producir respuestas inmediatas (adecuadas o

inadecuadas), mientras que el objetivo de la corteza sería evitar respuesta ineducadas (LeDoux, 1996). Davidson, Putman y Larson (2000) proponen que el mecanismo que subyace a la supresión de las emociones negativas consiste en una conexión inhibitoria entre las regiones prefrontales y la amígdala. Numerosos estudios indican que la activación de la amígdala se relaciona con menor activación en la corteza prefrontal durante las emociones negativas (Thayer y Friedman, 2002; Thayer y Lane, 2000; Thayer y Siegle, 2002).

Damasio (1994) sugiere que la región ventromedial de los lóbulos frontales es el lugar donde se producen la interconexión entre ambos sistemas. Desde esta área, la información se proyecta a través de las zonas límbicas y paralímbicas, incluyendo el hipocampo y la amígdala.

- **Amígdala- áreas corticales de transición- hipocampo:** la amígdala recibe inputs de las áreas corticales de transición (corteza rhinal) y del hipocampo, las estructuras responsables del almacenamiento y recuperación del contexto en el que se producen las reacciones emocionales (memoria explícita). En consecuencia, señales provenientes de estas áreas relacionadas con el recuerdo de eventos emocionales específicos pueden estimular la amígdala, desencadenando respuestas de miedo.
- **Amígdala- corteza prefrontal media:** la amígdala también tiene conexiones con áreas del lóbulo frontal (corteza prefrontal media) que intervienen en la interrupción de comportamientos repetitivos y en la extinción, inhibiendo o manteniendo activa la amígdala, y por tanto, reduciendo o manteniendo las reacciones de miedo.

Por tanto, la amígdala es una región cerebral esencial en el procesamiento de la significación emocional de los eventos emocionales (LeDoux, 1994, 1995). A través de los circuitos subcorticales (tálamo-amígdala) o corticales (tálamo-corteza-amígdala) actúa evaluando la significación emocionales de las características sensoriales simples, de las percepciones complejas y de pensamientos abstractos. También actúa controlando la expresión de las reacciones emocionales. Tenemos que tener en cuenta que el procesamiento de la información en estos circuitos está regulado por el Sistema Nervioso Central y Periférico, y estos sistemas moduladores explicarían la intensidad y duración de los estados emocionales. Es fundamental considerar que el procesamiento de la

información en estos circuitos está bajo la regulación del Sistema Nervioso Central y Periférico. Estos sistemas moduladores explicarían la intensidad y la duración de los estados emocionales.

Estudios posteriores de LeDoux (2000) sugieren que la amígdala, además de participar en el procesamiento del significado emocional de los estímulos externos, también participa en el procesamiento general que influye en las áreas corticales hacia las que proyecta, controlando también la información que recibe. Esto confirmaría a su vez la interacción y retroalimentación continua entre las zonas corticales que representan la razón y las zonas subcorticales (amígdala) que representan la emoción.

Por otra parte, los estudios tradicionales sobre el sistema motivacional apetitivo han utilizado la administración de refuerzos para inducir emociones positivas y han puesto de manifiesto que es el sistema dopaminérgico mesolímbico, en particular el núcleo accumbens, es el sistema biológico asociado con las emociones positivas. El sistema mesocortical y el negroestriado también estarían relacionados con la expresión de las emociones positivas (Ashby, Isen y Turken, 1999; Di Chiara, Loddo y Tanda, 1999; Garris y Rebec, 2002; Ikemoto y Panksepp, 1999; Horvitz, 2000). Varios estudios (Ashby, Isen y Turken, 1999; Davidson, 2000; 2003) han demostrado que se produce un aumento en la liberación de dopamina en el núcleo accumbens cuando la persona anticipa un afecto positivo. Por tanto, el núcleo accumbens comunica directamente con áreas del cerebro que se sabe que están relacionadas con las emociones, como la amígdala basolateral y el corteza cingulado anterior (Ashby, Isen y Turken, 1999).

La literatura científica muestra el importante papel de la amígdala en el refuerzo, ya que la amígdala es indispensable para aprender a asociar estímulos primarios, tanto positivos como negativos, con estímulos neutrales (Davis y Whalen, 2001; Everitt y Robbins, 1992, Rolls, 2023; Varkevisser et al., 2023). De acuerdo con la propuesta de Everitt, Dickinson y Robbins (2001), la información acerca de los reforzadores primarios podría originarse en la amígdala, estableciendo una conexión directa con el núcleo accumbens y generando un impacto que podría ser potenciado por aumentos en la transmisión de dopamina.



Figura 1.6. Algunas proyecciones dopaminérgicas en el cerebro humano. Las áreas que producen dopamina están sombreadas en gris y las proyecciones de dopamina están indicadas con flecha. NAc: Núcleo accumbens; VTA: Área tegmental ventral; SN: Sustancia negra; LC: Locus coeruleus (Ashby, Isen y Turken, 1999).

Tanto los estímulos aversivos como apetitivos desencadenan la liberación de dopamina. Por lo tanto, la mayoría de las investigaciones en esta área indican que todos los eventos novedosos y estimulantes (independientemente de su valencia) aumentarán la actividad dopaminérgica en las vías mesolímbicas y mesocorticales, así como en menor medida en el sistema negroestriado. Horvitz (2000) propone que las neuronas dopaminérgicas serán activadas bajo condiciones de nuevos cambios ambientales, condiciones que demanden una respuesta afectivo-conductual por parte del organismo ante estímulos contextuales. Esto conlleva mantener una representación activa del estímulo presente y estar preparado para experimentar una alta actividad fisiológica.

Di Chiara, Loddo y Tanda (1999) sostuvieron que en la corteza prefrontal medial, la liberación de dopamina aumentaría tanto en respuesta a estímulo aversivos como reforzantes. Por otro lado, en el núcleo accumbens, la liberación de dopamina disminuye con estímulos aversivos y se incrementa ante los estímulos positivos. Esta reciprocidad de cambios en la liberación de dopamina podría reflejar un control inhibitorio de la transmisión dopaminérgica de la corteza prefrontal medial sobre la del núcleo accumbens. Estas observaciones indicarían que la dopamina en la corteza prefrontal medial mostraría respuesta ante estímulos motivacionales en general, ya sean positivos/reforzantes o negativos/aversivos, tanto primarios (incondicionados) como secundarios

(condicionados), así como novedosos o habituales, predecibles o impredecibles. Esta dopamina está involucrada en el aprendizaje asociativo y en la adquisición de la motivación, ya sea apetitiva o defensiva. Por otra parte, la dopamina en el núcleo accumbens responde de manera más específica ante estímulos que son novedosos, predecibles y biológicamente relevantes. Su función principal estaría relacionada con la expresión motora (Di Chiara, 1999).

1.3.4. Priming Motivacional y Cascada defensiva.

Lang (p. e. Lang, Davis y Öhman, 2000) propone el **modelo en Cascada de las Reacciones Defensivas**. Desde este planteamiento, se asume que existiría una cascada de respuestas, que cambian de distintas formas y a distintos niveles a medida que aumenta la activación del sistema motivacional defensivo (Bradley y Lang, 2000). En las etapas iniciales, las respuestas defensivas serían consistentes en todas las situaciones, destacando la influencia de los factores atencionales. En las etapas posteriores, las respuestas defensivas se diversificarían según la situación, con un predominio de las acciones defensivas de lucha o huida. Es decir, las reacciones defensivas siguen un proceso secuencial con fases iniciales en las que predominan los factores atencionales dirigidos a la detección y análisis de la posible amenaza y fases posteriores en las que predominan los factores motivacionales dirigidos a facilitar las acciones defensivas de lucha o huida (Blanchard y Blanchard, 1989; Fanselow, 1994; Lang, Davis y Öhman, 2000).

Lang y colaboradores explican también el fenómeno de '**Priming Motivacional**'. La teoría del *Priming* Motivacional defiende que las respuestas a estímulos incondicionados pueden modularse según dos factores: la clasificación del reflejo (apetitivo o aversivo) y la valencia afectiva del estado emocional del sujeto (Lang, 1995; Lang, Bradley y Cuthbert, 1990). Es decir, se observará potenciación de un reflejo cuando exista congruencia entre el tipo de reflejo (defensivo o apetitivo) y el estado motivacional propio del estado afectivo en que se encuentre el organismo (defensivo o apetitivo). De esta manera, los reflejos defensivos se verán incrementados cuando el organismo esté procesando un estímulo desagradable, ya que produce un estado afectivo negativo acorde con dicha respuesta refleja. En cambio, estos reflejos defensivos serán inhibidos cuando el estado emocional sea placentero, es decir, durante el procesamiento de un estímulo agradable que active el sistema motivacional opuesto. Así mismo, tanto la potenciación

como la inhibición de la respuesta refleja pueden aumentar dependiendo del nivel de activación o excitación del organismo (Lang, 1995; Lang, Bradley y Cuthbert, 1997, 1998).

Los estudios que se han presentado sobre la percepción emocional de imágenes afectivas demuestran que los sistemas motivacionales apetitivo y aversivo modulan las respuestas de sobresalto que se producen ante estímulos visuales. Sin embargo, existe una interpretación alternativa, de tipo atencional, para la modulación del reflejo de sobresalto en presencia de estímulos presentados algunos segundos antes que el estímulo de prueba evocador del reflejo.

Filion, Dawson y Schell (1998) analizan una serie de experimentos donde se ponen a prueba las hipótesis atencional y motivacional de la modulación del reflejo de sobresalto considerando la presencia del efecto de inhibición de prepulso. Tales estudios prueban que ambos tipos de modulación pueden ocurrir en la misma persona y empleando el mismo paradigma. Hacen referencia al estudio inicial de Bradley, Cuthbert y Lang (1990), quienes sugirieron que los hallazgos de Anthony y Graham (1983, 1985) sobre la magnitud del reflejo de sobresalto en contextos estimulantes podrían entenderse simplemente al tener en cuenta que esos contextos tenían una valencia afectiva positiva. Para demostrar que los datos interpretados desde el planteamiento del *priming* motivacional no se podían explicar desde una postura atencional (los reflejos acústicos de sobresalto se potenciarían frente a imágenes desagradables no porque se active el sistema motivacional aversivo, sino porque se asignan mayores recursos atencionales a su procesamiento), diseñaron un experimento en el que durante la visualización de imágenes con distinto contenido afectivo se podían elicitar reflejos de sobresalto con estímulos acústicos (diferente modalidad sensorial) o con estímulos visuales (la misma modalidad sensorial). Con este diseño, ambas posturas teóricas esperarían resultados opuestos: si la modulación era de tipo atencional, se esperaría mayor potenciación del reflejo cuando coincidiera la modalidad sensorial de la diapositiva y del estímulo elicitor del reflejo de sobresalto, independientemente del contenido afectivo de la diapositiva; si la modulación era de tipo motivacional, se esperaría mayor potenciación del reflejo ante las diapositivas desagradables, independientemente de la modalidad sensorial del estímulo elicitor del reflejo. Los resultados apoyaron la hipótesis del *priming* motivacional: los reflejos de sobresalto elicitados entre 2.5 y 5.5 segundos después del inicio de la diapositiva eran de mayor magnitud ante las imágenes

desagradables y de menor magnitud ante las imágenes agradables respecto a las neutrales, independientemente de la modalidad sensorial del estímulo de prueba.

En el segundo estudio de Bradley, Cuthbert y Lang (1993) se puso a prueba la idea de que el reflejo de sobresalto puede ser influenciado tanto por procesos atencionales como emocionales, pero que la secuencia temporal de estos procesos puede variar. Utilizando el paradigma común de presentación de imágenes con diferentes contenidos afectivos durante 6 segundos, se presentó el estímulo auditivo de prueba en momentos temporales distintos: 300, 800, 1300 y 3800 ms después del inicio de la diapositiva. Se observó una modulación atencional en el reflejo de sobresalto cuando se elicitaba 300 ms después del inicio de la diapositiva: la magnitud del reflejo disminuyó tanto en las imágenes agradables como en las desagradables, en comparación con las neutrales. Por otro lado, para el resto de los intervalos, se encontró una modulación emocional en el reflejo motor de sobresalto.

En un tercer estudio de Panayiotou, Robinson y Vrana (1995) se exploró cómo manipular la atención y la emoción usando un estímulo neutral como señal para una tarea emocional. Los participantes recibieron diferentes tonos como señales para generar imágenes mentales agradables, desagradables o ninguna imagen, y se presentaron estímulos de prueba en varios intervalos desde el inicio del tono. Descubrieron que en intervalos cortos (120ms), la reacción de sobresalto disminuía cuando se indicaba generar imágenes mentales emocionales, sin diferenciar entre tonos agradables y desagradables. Sin embargo, en los intervalos más largos (1400 ms), la reacción de sobresalto era mayor ante el tono que indicaba generar imágenes desagradables en comparación con el tono que indicaba generar imágenes agradables.

En un cuarto estudio, Vanman, Böhmelt, Dawson y Schell (1996) dieron instrucciones a sus sujetos para que contaran el número de diapositivas de una valencia afectiva determinada (p. e., agradables) que eran más largas de lo normal y que ignoraran las diapositivas que no fueran de esa valencia (p. e., desagradables). Por tanto, la cualidad emocional de las diapositivas era una señal para realizar o no un juicio sobre la duración de la imagen. Se presentaron estímulos de prueba durante las diapositivas tendidas y no atendidas a distintos intervalos temporales desde el inicio de la diapositiva (a 250, 750 y 4450 ms) y a 950 ms después de la diapositiva. Se encontró modulación emocional del reflejo de sobresalto tanto a intervalos cortos (250 y 750 ms) como largos (4450 ms), los reflejos de sobresalto fueron de mayor magnitud ante las imágenes desagradables frente a

las agradables. Se observó que la modulación de la atención sucedió cuando el estímulo de prueba se presentó 950 ms después de una imagen. También se observó una mayor inhibición del reflejo de sobresalto cuando los participantes prestaban atención a las imágenes en comparación con cuando las ignoraban.

Un último estudio, Haerich (1994) presentó a sus sujetos una señal que predecía la aparición en 6 segundos de un estímulo de prueba que podía ser bien un soplo de aire o un sonido, sin que los sujetos pudieran saber cuál de los dos se iba a presentar. Durante los ensayos, a los participantes se les indicó que estimaran la longitud de uno de esos dos estímulos prueba y que ignoraran el otro, alternando las instrucciones en los distintos ensayos. Además, a la mitad de los sujetos se les describió el soplo de aire sugiriendo un contexto emocional negativa (“el soplo de aire estará dirigido directamente a tus ojos”) y el resto de los sujetos recibió una información neutral (“el soplo de aire estará dirigido cerca de tu oreja”). En el grupo con información neutral, el reflejo de sobresalto varió de acuerdo con el foco atencional, registrando respuestas más intensas cuando el estímulo provenía de la modalidad que estaban atendiendo. Por otro lado, en el grupo expuesto a contexto emocional negativo los participantes mostraron reflejos de sobresalto más pronunciados ante el soplo de aire, sin importar cuál era su foco de atención.

En resumen, los experimentos previamente mencionados identificarían dos formas de modulación utilizando diferentes enfoques experimentales, concordando incluso en la secuencia temporal en la que se producen estos efectos: primero la modulación atencional y luego la modulación emocional del reflejo de sobresalto. La única excepción es el estudio de Vanman y colaboradores (1996), que demostró la modulación afectiva del reflejo de sobresalto con intervalos temporales cortos entre el estímulo contextual y el estímulo de prueba.

Lang (p. e. Lang, Davis y Öhman, 2000) propone el **Modelo en Cascada de las Reacciones defensivas**, que explicaría éstos y otros resultados, basándose en las dos posturas. Desde este planteamiento, se asume que existiría una cascada de respuestas, que cambian de distintas formas y a distintos niveles a medida que aumenta la activación del sistema motivacional defensivo (Bradley y Lang, 2000).

1. En las primeras fases, las reacciones defensivas serían las mismas en todas las situaciones, con mayor predominio de los factores atencionales.

2. En las fases finales, las reacciones defensivas serían más diversas teniendo en cuenta el contexto, predominando las acciones defensivas de lucha o huida.

Podríamos hablar de la atención como un proceso adaptativo que está estrechamente relacionado con los sistemas motivacionales y necesario para la supervivencia de los seres vivos. Lang lo denomina “atención motivada” (Bradley, Cuthbert y Lang, 1999) y su análisis se centra en situaciones relevantes para los organismos (p. ejemplo: presencia de un depredador).

El modelo secuencial en cascada de Lang es una elaboración de modelos similares propuestos por psicobiólogos y etólogos para explicar la conducta defensiva de los animales en contextos naturales (Fanselow, 1994; Masterson y Crawford, 1982; Timberlake, 1993). El **modelo de Fanselow**, por ejemplo, propone tres fases en la reacción defensiva de una presa ante su depredador:

1. Pre-encuentro: fase en la que no se produce ninguna reacción defensiva pero existe activación afectiva negativa provocada por señales de amenaza de intensidades modestas.
2. Post-encuentro: fase en la que predominan la respuesta de “congelamiento” y la atención focalizada, provocada por la presencia de un estímulo amenazador de mayor arousal pero no el máximo.
3. Ataque: fase de defensa activa (lucha o huida) provocada por la presencia del estímulo amenazador en su intensidad máxima.

Lang y colaboradores desarrollaron su modelo teórico aplicando las propuestas de los psicobiólogos a los resultados obtenidos mediante el paradigma de la visión de imágenes. En su modelo de reacciones defensivas en cascada, consideran que la dimensión de arousal es análoga al efecto de la presencia de un depredador. Bradley (2000) hipotetiza que ante niveles bajos de activación, la atención aversivamente motivada no difiere sustancialmente de la orientación apetitiva, como sucede durante las etapas de pre-encuentro y el principio de la fase de post-encuentro. En estas etapas se observa:

1. Una breve deceleración cardíaca probablemente activada por el sistema nervioso parasimpático y que se produce como reacción ante un cambio de estímulos. Esta bradicardia es aún más pronunciada y prolongada cuando el estímulo se percibe como más activante.

2. Cambios en la conductancia de la piel, mediados por el sistema nervioso simpático, que son insignificantes cuando el nivel de arousal es bajo. Sin embargo, estos cambios aumentan progresivamente tanto en frecuencia como en intensidad a medida que el nivel de activación aumenta.
3. Cuando nivel de arousal del estímulo es no muy intenso, las respuestas al estímulo de sobresalto tienden a ser inhibidas, independientemente del sistema motivacional activado. Esto es coherente con la idea de que los recursos de atención se distribuyen entre el material significativo.

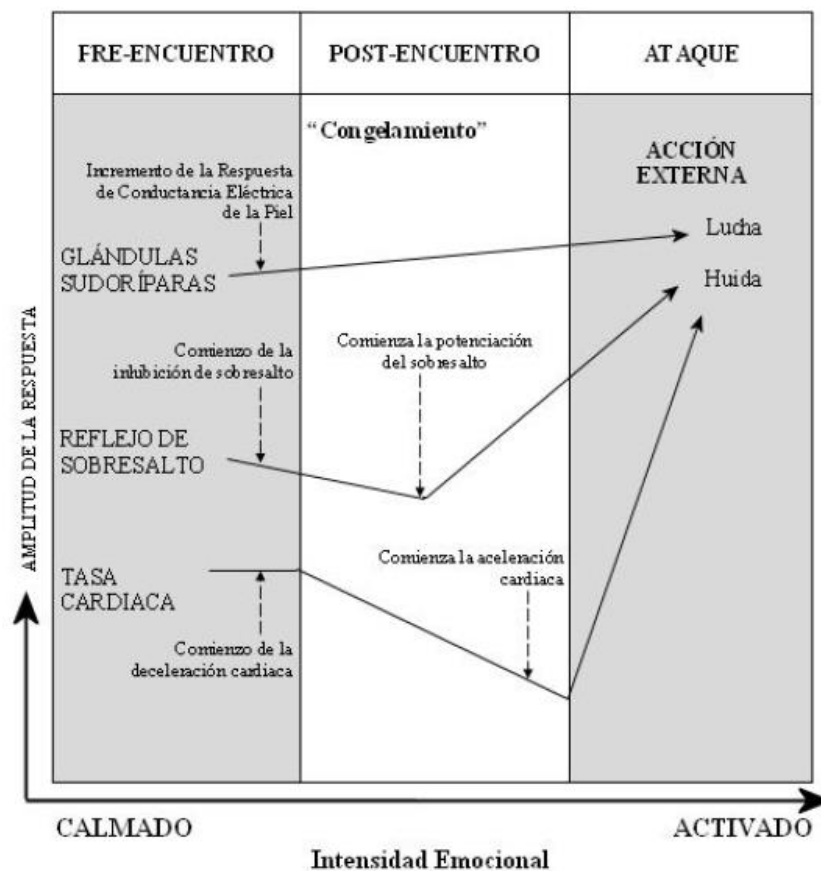


Figura 1.7. Representación esquemática de la cascada de la respuesta de defensa generada por estímulos aversivos cuyo arousal va en aumento (Lang, Davis y Öhman, 2000).

El *freezing* es un fenómeno conductual que confirma la importancia de la atención en las primeras etapas de las respuestas defensivas ante una amenaza potencial (Kalin, 1993). Se observa en animales y consiste en una respuesta defensiva donde se orientan hacia la fuente de estímulo, procesan el contexto y se preparan implícitamente para actuar (Bradley et al., 2001). Varias investigaciones han demostrado que los participantes

también muestran una respuesta análoga al *freezing* frente a imágenes desagradables en contextos de laboratorio, orientándose hacia la fuente de estímulo y procesando contextualmente la información. Además, la visualización de imágenes desagradables (por ejemplo, de cuerpos mutilados) provoca reacciones psicofisiológicas y emociones negativas, así como una alta activación de la corteza visual. Un estudio en seres humanos utilizando un estabilímetro reveló que durante la visualización de imágenes de mutilación, los participantes mostraron menos balanceo corporal y una mayor desaceleración cardíaca en comparación con imágenes agradables y neutras (Azevedo et al., 2005).

Desde esta perspectiva, la atención humana no se considera simplemente como un proceso cognitivo, sino como un mecanismo de procesamiento de información con relevancia para el individuo. Este mecanismo conlleva evaluar y seleccionar estímulos que son relevantes para la adaptación y supervivencia del organismo, teniendo en cuenta si son apetitivos o aversivos (Bradley et al., 1993; Bradley, Cuthbert y Lang, 1999; Lang et al., 1997). El concepto de atención motivada se relaciona con los conceptos de orientación y defensa propuestos en sus inicios por Pavlov (1927) y posteriormente retomados por Sokolov (1963), Graham (1979) o Lacey & Lacey (1958).

1.3.5. Estructuras neurofisiológicas que controlan la potenciación e inhibición del reflejo de sobresalto.

El modelo en cascada de la respuesta de defensa asume un circuito cerebral de activación de las reacciones defensivas cuyos principales centros serían el núcleo central de la amígdala y el núcleo del lecho de la estría terminal, los cuales, a través de sus conexiones con otras estructuras subcorticales, explicarían las diversas manifestaciones del miedo y la ansiedad (inmovilidad, hipervigilancia, reacciones vegetativas, potenciación del sobresalto motor, expresiones faciales de miedo y acciones defensivas).

En animales, la investigación se ha dirigido fundamentalmente a conocer las estructuras neurofisiológicas que controlan el reflejo de sobresalto (Davis, 1989, 1992; LeDoux, 1984, 1994, 1995, 1996). Estas investigaciones aportaron evidencia experimental sobre el hecho de que las estructuras cerebrales que subyacen al fenómeno de la potenciación del sobresalto por el miedo (Davis, 1989) son las mismas que componen el sistema motivacional aversivo (Davis, 1997, Davis, Hitchcock y Rosen,

1992). A través de métodos farmacológicos y de neurocirugía, estos autores han trazado las vías neurales y las conexiones cerebrales que explican este fenómeno.

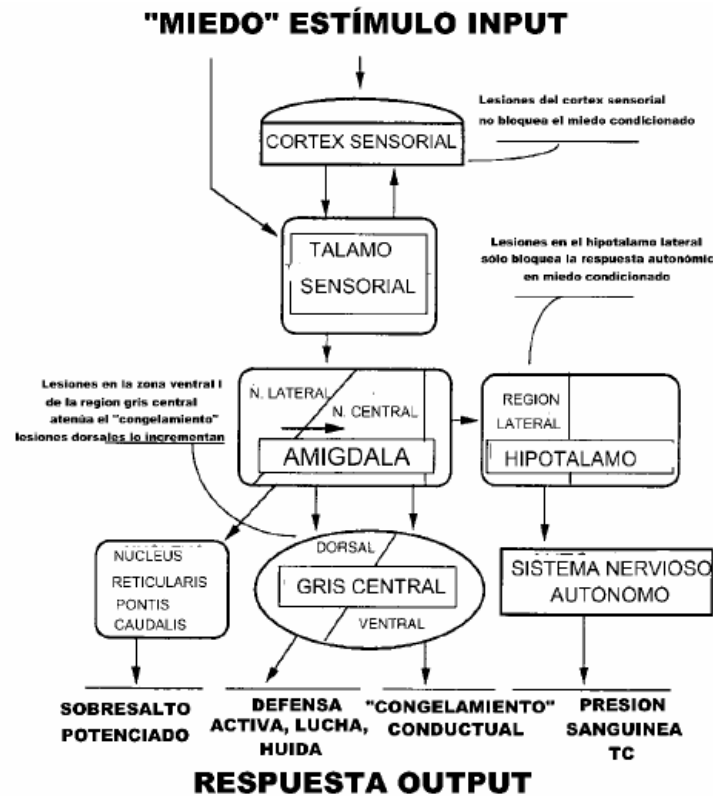


Figura 1.8. Circuito del miedo condicionado (Davis, 1997).

En la figura 8, puede observarse la vía aferente del reflejo de sobresalto provocado ante un ruido abrupto parte del núcleo coclear hasta llegar a la formación reticular (núcleo reticular pontocaudal). Desde esta estructura, las conexiones eferentes pasan, a través de las motoneuronas espinales y faciales, hacia los órganos efectores desencadenando la respuesta refleja de Sobresalto (Davis, 1997).

Varias líneas de investigación han señalado que la amígdala es la estructura clave del sistema motivacional aversivo y la responsable de la potenciación del reflejo del sobresalto por el miedo. La amígdala bilateral, localizada entre los núcleos temporales del cerebro, constituye una estructura crítica en la expresión de la experiencia emocional (Aggleton, 1992; Aggleton y Young, 2000; Angrilli et al., 1996). Tanto la estimulación como la ablación de esta estructura alteran diferentes conductas afectivo-motivacionales en seres humanos y en animales (Aggleton y Mishikin, 1986; Everitt y Robins, 1992). Hay una amplia variedad de literatura científica que indica que la amígdala puede tener un

papel crucial en el afecto negativo y en las conductas inducidas por estímulos aversivos, especialmente aquellas controladas por refuerzos secundarios (Cahill y McGaugh, 1990; Cahill et al., 1995; Everitt, Dickinson y Robbins, 2001). De la amígdala central parten diferentes vías que van a controlar multitud de respuestas. Las respuestas controladas por el Sistema Nervioso Autónomo, como son la tasa cardíaca y presión sanguínea, dependen de la vía que une la amígdala con el hipotálamo lateral (LeDoux, 1990). Los componentes somáticos de las respuestas defensivas (lucha activa o huida), como la respuesta de congelamiento (*freezing*), necesitan de una vía intacta que une la amígdala con el área gris central del cerebro medio (periacueductal).

Tanto la potenciación del reflejo de sobresalto ante estímulos emocionales de miedo como su inhibición por estímulos apetitivos, de acuerdo con la hipótesis del *priming* motivacional, implicarían la existencia de un circuito neural secundario capaz de modular las vías primarias del reflejo. Un hallazgo importante en la investigación de Davis y colaboradores (Davis, 1989, 1992, 1997; Davis, Hitchcock y Rosen, 1992; Fendt y Fanselow, 1999) ha sido localizar el punto neural donde se produce este *priming* motivacional. Su metodología consistió en intervenir directamente en estas vías neurales, aplicando un estímulo eléctrico con un microelectrodo para evocar el reflejo de sobresalto. Se observó un aumento en la respuesta del fenómeno de miedo condicionado cuando se aplicó estimulación eléctrica antes del núcleo reticular ponto-caudal, indicando que los reflejos primarios y obligatorios se obtuvieron a lo largo de todo el circuito neural. Los resultados apuntan a que los dos circuitos relacionados con el reflejo de sobresalto (primario y secundario) convergen en el núcleo reticular ponto-caudal (Lang et al., 1993). Además, la estimulación directa de la amígdala se ha demostrado que aumenta la magnitud del reflejo de sobresalto y ciertas lesiones en la amígdala eliminan esta potenciación del reflejo de sobresalto condicionado (Davis, 1997; Lang, Bradley y Cuthbert, 1997; LeDoux, 1994, 1995, 1996).

1.4. Tasa cardiaca.

1.4.1. Patrón trifásico de la tasa cardiaca.

La tasa cardiaca es una variable cardiovascular ampliamente investigada en psicofisiología y está relacionada con diversos procesos psicológicos, incluyendo cognitivos, motivacionales y emocionales. La tasa o frecuencia cardiaca es definida como el número de contracciones del corazón por minuto (Spodick et al., 1992). La activación de la rama simpática del sistema nervioso autónomo, en respuesta a estímulos internos y externos, así como la excitación emocional, provoca un aumento en la frecuencia cardiaca (Anderson y Adolphs, 2014; Selye, 1976).

La medición de la tasa cardiaca se realiza a través de la electrocardiografía (ECG), una técnica que se ha desarrollado significativamente gracias a los avances en cardiografía médica (ver Berne y Levy, 2001; Goldberger, 1998).

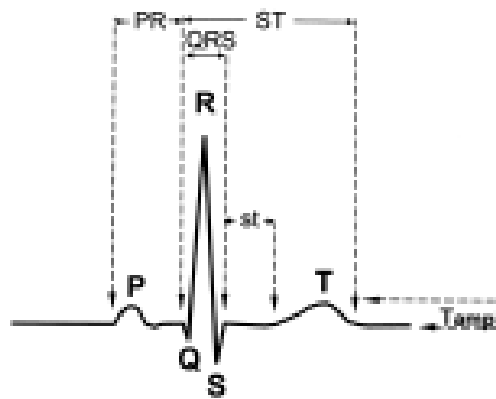


Figura 1.9. Morfología general de la señal electrocardiográfica (ECG). En esta imagen se muestran los componentes P, Q, R, S y T, los intervalos PR, ST y QRS, el segmento st y la amplitud de la onda T (extraído de *Handbook of Psychophysiology*).

El periodo cardíaco, medido en milisegundos (ms) entre latidos cardiacos adyacentes, se suele determinar entre los picos R sucesivos en un electrocardiograma (ECG), dada la magnitud mayor y la inflexión más aguda del pico R en relación con otros componentes del ECG. Tradicionalmente, el periodo cardíaco (en ms) generalmente se convertía en frecuencia cardiaca (en latidos/ min o bpm), aunque ahora ambas medidas son recíprocas simples y se puede convertir de una métrica a otra dividiendo 60000 por la frecuencia cardiaca. Berntson y colaboradores (1995) revisaron la literatura sobre varias especies de mamíferos, incluidos los humanos, y demostraron que la relación entre

los cambios en la actividad de las ramas autónomas parasimpática y simpática y el período cardíaco es más lineal que la relación entre la actividad en cualquiera de las ramas y la frecuencia cardíaca. Por lo tanto, un cambio dado en la activación de una de las ramas autónomas dará como resultado aproximadamente el mismo cambio en el período cardíaco inicial, mientras que no ocurre lo mismo con la frecuencia cardíaca.

La respuesta de la tasa cardíaca tras la presentación de un estímulo está intrínsecamente relacionada con la naturaleza emocional del estímulo y las respuestas subyacentes. La tasa cardíaca muestra un patrón trifásico: deceleración, aceleración y luego otra deceleración (Cook y Turpin, 1997; Lang, Bradley y Cuthbert, 1997):

1. Deceleración inicial: asociada a la respuesta de orientación (Graham y Clifton, 1966; Sokolov, 1963). Representa un proceso de atención inicial hacia el estímulo.
2. Aceleración inicial: vinculada a la respuesta de defensa ante estímulos relacionados con el miedo, especialmente en individuos fóbicos. Indica una reacción de activación y preparación para hacer frente al estímulo amenazantes (Hare, 1973, Thayer et al., 2000).
3. Otra deceleración: relacionada con la respuesta de defensa frente a situaciones altamente excitantes o imágenes desagradables. Muestra una adaptación y procesamiento más profundo del estímulo desafiante (Bradley y Lang, 2000).

Además, en el caso de las imágenes agradables y muy excitantes, se observa una breve aceleración del ritmo cardíaco después de la deceleración inicial (Bradley y Lang, 2000; Vico et al., 2010). Por otro lado, una mayor deceleración de la tasa cardíaca se convierte en un indicador fisiológico clave de una respuesta de atención hacia los estímulos afectivos. Este cambio en la tasa cardíaca refleja la activación progresiva del sistema motivacional apetitivo o defensivo, marcando la transición de una fase inicial de atención a una fase final de acción (Bradley y Lang, 2007). Así, los estímulos altamente apetitivos o aversivos se asociarían con una mayor deceleración en la tasa cardíaca, demostrando su impacto en la reacción emocional y la atención del sujeto en diferentes entornos emocionales.

En el contexto de la visualización de imágenes afectivas, se ha observado un patrón más complejo de cambios fásicos de la tasa cardíaca. Esta respuesta en tasa cardíaca es mayormente influenciada por el nervio vago (Somsen et al., 1983). Asimismo, se ha vinculado con la actividad de la corteza prefrontal (Ahern et al., 2001). Un estudio

demostró que al bloquear farmacológicamente la corteza prefrontal, se produjo un aumento en la tasa cardíaca y una moderada reducción en la variabilidad de la misma, indicando que la corteza prefrontal ejerce una inhibición tónica sobre los circuitos que aceleran el ritmo cardíaco. Específicamente, se ha destacado la importancia de la *vmPFC* en la regulación de la tasa cardíaca (Thayer et al., 2010).

1.4.2. Enfoques tradicionales en el estudio de los componentes cardíacos de los reflejos incondicionados.

1.4.2.1. Interpretación cognitiva y motivacional de la tasa cardíaca

Graham y Clifton (1966) propusieron una interpretación del Reflejo de Orientación basada en la hipótesis de aceptación-rechazo sensorial. El Reflejo de Orientación estaría caracterizado por: a) una deceleración cardíaca e indicaría una disposición de atender a la información exterior; b) estaría elicited por estímulos de baja intensidad y, c) habituaría fácilmente tras la repetición de los estímulos. Posteriormente, Graham y Hackley (1991) identificaron dos respuestas decelerativas cardíacas (Reflejo de Orientación y Reflejo de Detección Transitoria) y dos respuestas acelerativas cardíacas (reflejo de sobresalto y reflejo de defensa).

Lacey (1967) y Graham y Clifton (1966) notaron reducciones prolongadas en la tasa cardíaca durante tareas perceptivas, lo que implica una influencia parasimpática que intensifica el control vagal, resultando en la disminución de la tasa cardíaca (Campbell, Word y McBride, 1997). Lacey (1967) concluyó que esta desaceleración cardíaca se daba en contextos que involucraban percepción (exploración del entorno), mientras que la aceleración cardíaca era más notoria en contextos que implicaban procesamiento (rechazo del entorno) (Lacey y Lacey, 1970).

En línea con esta idea, Graham (1979) sugirió que la deceleración en la tasa cardíaca era un indicador de procesamiento sensorial (orientación), mientras que la aceleración cardíaca lo era de rechazo sensorial (defensa) (Graham y Clifton, 1966). Según esta perspectiva, el procesamiento perceptual implica una concentración en la información sensorial, reflejada en una deceleración cardíaca prolongada. De manera consistente con estos hallazgos, se ha observado que al ver una imagen por primera vez, hay una deceleración cardíaca relativamente prolongada durante los primeros 2 segundos de presentación de la imagen, independientemente de su valencia (incluso con imágenes

neutrales). No obstante, esta deceleración es significativamente mayor para las imágenes desagradables en comparación con las agradables y neutrales. Este mismo patrón hacia estímulos desagradables fue previamente reportado por Hare Wood, Britain y Shadman (1970), Libby, Lacey y Lacey (1973) y Winton et al., (1984).

Las investigaciones respaldan que todos los estímulos nuevos generan una marcada deceleración en la tasa cardiaca, indicando un aumento en la orientación que es más notorio ante estímulos desagradables. Este fenómeno concuerda con la llamada “bradicardia del miedo”. La bradicardia frente a estímulos novedosos está regulada por la inervación parasimpática vagal a través de los receptores colinérgico del corazón (Lang, Simons y Balaban, 2013). La función evolutiva de esta respuesta de bradicardia es facilitar el procesamiento central de la información sensorial presente en el contexto de redistribuir el flujo sanguíneo (Graham y Clifton, 1966), indicando que este componente de la respuesta de orientación aumenta durante la activación defensiva.

La desaceleración cardiaca cesa al finalizar la exposición a las imágenes. Sin embargo, las variaciones en la tasa cardiaca no indican diferencias basadas en la relevancia de los estímulos cuando la imagen se muestran por un breve periodo (Bradley, 2000), respaldando la noción de Graham (1979) de que la deceleración cardiaca está vinculada a la percepción sensorial y refleja el procesamiento involucrado en la extracción de información del estímulo sensorial.

En este contexto, Lacey (1967) postuló que la deceleración cardiaca era un indicador del procesamiento perceptivo que reflejaba la entrada de información sensorial, mientras que la aceleración cardiaca era un indicador de procesamiento mental que denotaba un rechazo sensorial. Otros estudios sugieren que las imágenes agradables con alto nivel de activación (por ejemplo, imágenes de contenido erótico) reflejan una mayor deceleración cardiaca inicial que las imágenes agradables pero con menor nivel de activación (Bradley et al., 2001). Todo esto sugiere que los contenidos agradables con elevados niveles de activación también pueden provocar un incremento en el procesamiento perceptivo vinculado a la entrada de información sensorial.

1.4.2.2. Interpretación motivacional de los cambios en tasa cardiaca

El principal defensor de esta interpretación fue Obrist (1981) y gira entorno a la hipótesis de que dependiendo de la rama del Sistema Nervioso Autónomo que regulara el

funcionamiento del corazón, la actividad cardíaca y la somática cambiarían en la misma dirección o lo harían en direcciones opuestas (Obrist, Webb, Sutterer y Howard, 1970):

- Ajuste cardio-somático: la tasa cardíaca y la actividad somática covarían siempre que la tasa cardíaca se encuentre bajo el control del Sistema Nervioso Parasimpático. Esto permitiría al sistema cardiovascular ajustarse rápida y eficazmente a las demandas metabólicas producidas por los cambios en la actividad muscular.
- Desajuste cardio-somático: cuando el funcionamiento del corazón estuviese controlado por el Sistema Nervioso Simpático ambas medidas funcionarían de manera independiente. Esto produciría cambios cardíacos desproporcionados metabólicamente que superarían la demanda de la situación. Esto podría explicar cómo el ambiente contribuye a la etiología de algunos trastornos psicofisiológicos (Obrist et al., 1974; Turner y Carroll, 1985).

1.5. La persistencia en el Modelo Psicobiológico de personalidad de Cloninger.

El estudio de la personalidad tiene sus raíces en los primeros tiempos de la psicología como ciencia. Durante la primera mitad del siglo XX, surgieron diversas teorías sobre la personalidad, agrupadas bajo el término de “modelos factoriales”. Estos modelos parten del supuesto fundamental de que la personalidad puede ser descrita o explicada a través de dimensiones o factores, en los cuales las personas varían en intensidad a lo largo de un continuo (como por ejemplo, Extroversión, Neuroticismo, Agresividad, entre otros).

A final del siglo XX, estos modelos resurgieron con fuerza, presentando teorías como la de Cloninger, que integra los aspectos biológicos más estables y genéticamente determinados (temperamento), con los aspectos psicosociales menos estables e influenciados por la experiencia y el entorno (carácter). El avance de las herramientas informáticas facilitó los análisis factoriales y estadísticos necesarios para la investigación, así como la contribución de la neurociencias a la psicología.

En la década de los 80, Cloninger comienza a investigar la búsqueda de dimensiones de personalidad relacionadas con la salud mental y comenzó a desarrollar un modelo teórico que intentaba enlazar la clínica y la neurociencia, la personalidad y la psicopatología. Para desarrollar este modelo, Cloninger parte de los trabajos de Eysenk, del concepto de aprendizaje de Thorpe, la organización de la conducta como resultado de la experiencia individual y del concepto de personalidad de Allport (Allport, 1937), entiende la personalidad como “la organización dinámica de aquellos sistemas psicofísicos que determinan la adaptación individual al ambiente”. En la versión inicial del modelo teórico de Cloninger, se proponían tres dimensiones de temperamento: la Búsqueda de Novedad, la Dependencia de Recompensa y la Evitación del daño. Para el estudio de estas dimensiones se diseñó el Cuestionario de Personalidad Tridimensional (Cloninger, Przybeck y Svrakic, 1991). Posteriormente, se añadió una cuarta dimensión, Persistencia, y tres rasgos de carácter: Autodirección, Cooperación y Autotrascendencia (Cloninger et al., 1993). Para investigar este modelo teórico, se diseñó una nueva escala: la Escala de Temperamento y Carácter (TCI) (Cloninger et al., 1993). Más adelante, se

llevó a cabo una revisión de este cuestionario, resultado en la creación de la Escala Revisada de Temperamento y Carácter (TCI-R) (Cloninger, 1999).

En la actualidad, el modelo teórico de Cloninger se ha establecido como un punto de referencia crucial en la revisión de los manuales diagnósticos a nivel global, como el DSM-5 y el CIE-11. Esto se debe a la transición de un modelo diagnóstico categorial a uno dimensional (Esbec y Echeburúa, 2011).

1.5.1. Temperamento y Persistencia.

El temperamento puede entenderse como los patrones y capacidades que surgen como respuesta a estímulos percibidos a través de los sentidos físicos. Cloninger describe el temperamento como el aspecto de la personalidad que engloba las respuestas automáticas asociativas que se generan frente a estímulos simples, dando forma a las diferencias y variabilidades en las respuestas emocionales como el miedo (Evitación del riesgo), la ira (Búsqueda de novedad) y el asco (Dependencia de la recompensa). Esencialmente, el temperamento representa las respuestas automáticas y asociativas ante estímulos sensoriales básicos que influyen en las respuestas emocionales.

El temperamento, considerado como el núcleo emocional de la personalidad, se define por las diferencias individuales en hábitos y habilidades vinculados a las emociones. Estas diferencias tienen una heredabilidad moderadas, aproximadamente del 50% (Bouchard, 1994; Stallings et al., 1996) y muestran una estabilidad moderada desde la infancia hasta la edad adulta. Además, este núcleo emocional de la personalidad mantiene una estructura consistente en diversas culturas y grupos étnicos.

Las cuatro dimensiones incluidas en el temperamento se denominan Búsqueda de novedad (impulsividad exploratoria vs estoicismo y frugalidad), Evitación del riesgo (tendencia a la ansiedad vs toma de riesgos y la fuerza), Dependencia de la recompensa (vinculación social vs soledad) y Persistencia. Cada una de estas dimensiones está constituida por varias subescalas que constituyen diferentes expresiones conductuales, emocionales y/o cognitivas de una misma tendencia hacia la inhibición (Evitación del riesgo), la activación (Búsqueda de novedad) o el mantenimiento (Dependencia de la recompensa) de la conducta.

La Persistencia (PS) es la tendencia a perseverar a pesar de la frustración y la fatiga, basado en la resistencia a la extinción de la conducta con reforzamiento intermitente. Su sustrato psicobiológico es menos claro, aunque parece estar mediado por la noradrenalina. Las puntuaciones altas se relacionan con personalidades responsables, trabajadoras, persistentes, etc. (por ejemplo TOC). Las subdimensiones que lo componen son: Resistencia al esfuerzo (PS1), Trabajo (PS2), Ambición (PS3) y Perfeccionismo (PS4). Esta es la dimensión que más se ha estudiado desde el punto de vista conductual y neurofisiológico tanto en animales como en humanos (Gusnard et al. 2003; Mousavi et al., 2015) y hace referencia a la tendencia a perseverar en determinados comportamientos a pesar de la ausencia de refuerzos externos inmediatos o en condiciones de reforzamiento parcial. La persistencia mide la capacidad para seguir emitiendo conductas anteriormente asociadas al refuerzo positivo o a la ausencia de castigo a pesar de la desaparición de estas contingencias. Los individuos que puntúan alto en persistencia tienden a ser más perseverantes en sus conductas, mientras que aquellos que puntúan bajo respaldan una tendencia a darse por vencidos más rápidamente cuando no se les refuerza continuamente. Esta dimensión ha sido muy estudiada en población consumidora de drogas y algunos estudios sugieren que las personas adictas a sustancias muestran alteración en esta dimensión (Bechara et al., 2001).

El temperamento se ha puesto en relación con el sistema de aprendizaje perceptivo y de hábitos, que engloba tanto el aprendizaje no asociativo como el asociativo, y está regulado por el sistema cortico-estriado-límbico. Este sistema involucra áreas sensoriales corticales, amígdala, así como el caudado y putamen. Este tipo de aprendizaje implica respuestas automáticas que pueden ser modificadas a través del condicionamiento, sin que necesariamente se tenga conciencia de este proceso. Además, se ha establecido una relación entre el temperamento y la memoria perceptiva (Tulving, 1987, 1998, 2002), que está asociada con el procesamiento presemántico encargado de codificar información concreta visuoespacial y valencia afectiva.

1.5.2. Inventario de Temperamento y Carácter (TCI).

El Inventario del Temperamento y Carácter (TCI) es el cuestionario diseñado para evaluar las 7 dimensiones. Este modelo de 7 factores integra la aproximación categorial y dimensional en el diagnóstico de los trastornos de la personalidad y, de este modo, conforma a los psicólogos clínicos, más dados a tener un pensamiento categorial, y a los

investigadores, que necesitan más de una perspectiva dimensional, única forma posible para que continúe el avance en la genética y neurobiología de la personalidad. El modelo permite retener los beneficios de un diagnóstico clínico categorial, ya que cada perfil del temperamento se correspondería en gran medida con los tipos tradicionales de los trastornos de personalidad.

El cuestionario consta de 240 ítems en formato verdadero/falso y es autoadministrado. Las propiedades psicométricas y la descripción del cuestionario se detallan en el Manual del TCI (Cloninger, 1994, 1999). Posteriormente, se desarrolló la versión TCI-R, que emplea una escala Likert de 5 puntos para las respuestas y añade ítems relacionados con la dimensión de Persistencia y Dependencia de la recompensa, así como 5 ítems de validez. El TCI-R ha demostrado una sólida consistencia interna y fiabilidad en las diferentes dimensiones de temperamento y carácter, según pruebas test-retest. La TCI-R ha demostrado su validez de constructo, respaldando su capacidad predictiva en diversas áreas, que incluyen la predicción de trastornos de salud mental, comportamientos impulsivos, respuesta al tratamiento y otras variables relevantes (Bruni et al., 2019; Gutiérrez-Zotes et al., 2005, Krug et al., 2020; López-Torrecillas et al., 2014). Además, se han realizado adaptaciones y validaciones transculturales del TCI-R en diferentes culturas y lenguajes (Goncalves y Cloninger, 2010; Fossati et al., 2007; Jaksic et al., 2015), corroborando su utilidad en contextos transculturales. En esta tesis, hemos empleado la versión validada del TCI-R en población española (Gutiérrez-Zotes et al., 2004).

En resumen, vamos a proporcionar una estructura más detallada para aportar una visión más completa de los fundamentos, métodos y objetivos de cada estudio, destacando la contribución única de esta investigación a la comprensión global de la inflexibilidad cognitiva y la modulación emocional en diferentes contextos. Nuestros primeros dos estudios se enfocaron en investigar la inflexibilidad cognitiva y su repercusión en la toma de decisiones en la *IGT*. Para evaluar la persistencia/inflexibilidad cognitiva en los participantes, utilizamos el TCI-R como herramienta de clasificación de los grupos. Aunque se ha explorado extensamente la relación entre la inflexibilidad cognitiva y la *IGT* en la literatura, gran parte de las investigaciones anteriores se centraron en medidas psicofisiológicas registradas antes de la elección del mazo. En este contexto, decidimos abordar un aspecto menos explorado y examinamos la reactividad cardíaca posterior a la selección del mazo, específicamente en respuesta a ganancias y pérdidas monetarias. Este

enfoque nos permitió analizar la reactividad cardiaca durante la ejecución de la *IGT*, tanto en individuos sanos (estudio 1) como en aquellos con condiciones clínicas (estudio 2).

Por otro lado, a pesar de que existen numerosos estudios que han investigado la toma de decisiones utilizando la *IGT* y la modulación emocional mediante el paradigma de visualización de imágenes afectivas de la *IAPS*, hasta la fecha no hemos encontrado investigaciones que combinen ambos paradigmas en un mismo estudio. En nuestro tercer y cuarto estudio, adoptamos un enfoque único clasificando a los participantes según su rendimiento en la toma de decisiones en la *IGT*. Luego exploramos la modulación del reflejo de sobresalto y la tasa cardiaca, analizando las diferencias en población sana (estudio 3) y clínica (estudio 4).

Los hallazgos en nuestros estudios indican que, en población sana, independientemente de su nivel de inflexibilidad cognitiva, los participantes aprenden a evitar opciones desventajosas a lo largo de la *IGT*. Además, observamos, en concordancia con investigaciones anteriores, que las ganancias monetarias generan mayores aceleraciones cardiacas que las pérdidas monetarias. Notablemente, solo los participantes con mayor inflexibilidad cognitiva exhibieron mayores aceleraciones cardiacas durante las altas ganancias monetarias. En contraste, en población clínica, los participantes no aprenden a lo largo de la *IGT* y presentan una preferencia por el mazo B (mazo desventajoso). Siguiendo la línea del estudio anterior, se constató que los participantes mostraron una mayor reactividad cardiaca ante las ganancias monetarias, independientemente del grupo de inflexibilidad cognitiva al que pertenecieran.

En última instancia, todos los participantes de la población sana exhiben modulación tanto en el reflejo de sobresalto como en la tasa cardiaca. Notablemente, aquellos con un rendimiento inferior en la *IGT* muestran una magnitud más pronunciada en el reflejo de sobresalto. Sin embargo, en los participantes de la población clínica, aunque observamos modulación tanto en el reflejo de sobresalto como en la tasa cardiaca, no encontramos diferencias significativas entre los grupos con diferentes niveles de rendimiento en la *IGT*.

Capítulo II-Objetivos e hipótesis.

2.1. Objetivos generales y específicos.

El propósito principal de esta tesis es investigar la relación entre la inflexibilidad cognitiva, medida a través del Inventario de Carácter y Temperamento de Cloninger (TCI-R; Cloninger, 1994; versión española validada, Gutiérrez-Zotes et al., 2004), la toma de decisiones, medida a través de la prueba neuropsicológica de la función ejecutiva *IGT* (Damasio, 1994), y la modulación emocional, evaluada mediante el paradigma de visualización de imágenes afectivas (Lang, 1994), y los posibles efectos moduladores entre estas variables.

Se buscó profundizar en la comprensión de un posible mecanismo subyacente compartido que afecta tanto a la disfunción ejecutiva (específicamente, la flexibilidad cognitiva y la autorregulación emocional) como a la modulación emocional. Se planteó la hipótesis de que la inflexibilidad cognitiva podría ser este mecanismo común. Este objetivo general se dividió en objetivos específicos que se investigaron a través de cuatro estudios secuenciales.

Estudio 1. Sensibilidad cardiaca a las recompensas en participantes no clínicos con inflexibilidad cognitiva.

El objetivo general del estudio 1 es evaluar el impacto de la inflexibilidad cognitiva en la sensibilidad cardiaca a las recompensas en una muestra no clínica (población universitaria) y analizar cómo afecta a la toma de decisiones, así como a la variable psicofisiológica de la tasa cardiaca.

Los objetivos específicos de este estudio son:

1. Evaluar el rendimiento inferior en la prueba ejecutiva de la *IGT* en participantes no clínicos (estudiantes) con alta inflexibilidad cognitiva en comparación con aquellos con baja inflexibilidad cognitiva.
2. Investigar la relación entre la alta inflexibilidad cognitiva y la toma de decisiones subóptima, así como su conexión con una mayor sensibilidad a las recompensas en participantes no clínicos (estudiantes).

3. Analizar la mayor reactividad cardiaca ante las ganancias y pérdidas monetarias en participantes con mayor inflexibilidad cognitiva, dentro del contexto de la *IGT*.

Estudio 2. Fenómeno destacado del mazo B y sensibilidad cardiaca a las recompensas en delincuentes encarcelados con alta y baja inflexibilidad cognitiva.

El objetivo general del estudio 2 es investigar el rendimiento en la *IGT* y su relación con la sensibilidad a la recompensa y al castigo en una muestra de individuos en prisión. Además, explorar si este rendimiento en la *IGT* está relacionado con la sensibilidad cardiaca ante recompensas y castigos, así como examinar su efecto en la variables psicofisiológicas de la tasa cardiaca.

Los objetivos específicos de este estudio son:

1. Evaluar el rendimiento en la prueba ejecutiva de la *IGT* en los participantes reclusos.
2. Investigar la correlación entre el rendimiento en la *IGT* y la hiperactividad a la recompensa en los participantes reclusos.
3. Analizar la reactividad cardiaca ante las ganancias y pérdidas monetarias de la *IGT* en la muestra de participantes reclusos, con el objetivo de identificar posibles patrones de respuesta (posible mayor reactividad cardiaca ante las ganancias o pérdida monetarias).

Estudio 3. Reflejo de sobresalto y modulación de la tasa cardiaca en participantes no clínicos con alto y bajo rendimiento en la *IGT*.

El objetivo general del estudio 3 es examinar si existen diferencias en la modulación de los reflejos defensivos del reflejo de sobresalto y tasa cardiaca en una muestra no clínica (población universitaria) con alto y bajo rendimiento (mejor o peor toma de decisiones) en la *IGT*. Además, investigar si se observan diferencias en la magnitud del reflejo de sobresalto y la respuesta de tasa cardiaca durante la exposición a una serie de imágenes emocionales en estos grupos de participantes.

Los objetivos específicos son:

1. Evaluar el aumento en el reflejo de sobresalto durante la visualización de imágenes desagradables en comparación con las agradables en ambos grupos de rendimiento en la *IGT*.

2. Investigar la relación entre el rendimiento en la *IGT* y la magnitud de la respuesta de sobresalto ante una serie de imágenes emocionales en participantes no clínicos (estudiantes), esperando que bajos niveles de rendimiento en la *IGT* se asocien con respuestas de sobresalto de mayor magnitud, mientras que altos niveles de rendimiento en la *IGT* se relacionan con respuestas de sobresalto de menor magnitud.
3. Analizar la deceleración inicial en la tasa cardiaca durante la visualización de imágenes desagradables en comparación con las agradables en ambos grupos de rendimiento en la *IGT*.
4. Examinar la relación entre el rendimiento en la *IGT* y la deceleración de la tasa cardiaca en respuesta a imágenes desagradables en comparación con las agradables en participantes no clínicos, anticipando que bajos niveles de rendimiento en la *IGT* estarán asociados con una mayor deceleración, y altos niveles de rendimiento en la *IGT* estarán relacionados con una menor deceleración de la tasa cardiaca.

Estudio 4. Reflejo de sobresalto y modulación de la tasa cardiaca en delincuentes encarcelados con alto y bajo rendimiento en la *IGT*.

El objetivo general del estudio 4 es examinar si existen diferencias en la modulación de los reflejos defensivos del reflejo de sobresalto y tasa cardiaca en una muestra de participantes en prisión con alto y bajo rendimiento (mejor o peor toma de decisiones) en la *IGT*. Además, investigar si se observan diferencias en la magnitud del reflejo de sobresalto y la respuesta de tasa cardiaca durante la exposición a una serie de imágenes emocionales en este grupo de participantes.

Los objetivos específicos de este estudio son:

1. Evaluar el aumento en el reflejo de sobresalto durante la visualización de imágenes desagradables en comparación con las agradables en ambos grupos de rendimiento en la *IGT* dentro de la población reclusa.
2. Investigar la correlación entre el rendimiento en la *IGT* y la intensidad de la respuesta de sobresalto ante una serie de imágenes emocionales en la muestra reclusa, esperando que un bajo rendimiento en la *IGT* esté relacionado con respuestas de sobresalto más intensidad (mayor magnitud) y un alto rendimiento en la *IGT* se asocie con respuestas de sobresalto menos intensas.

3. Analizar la deceleración inicial en la tasa cardiaca durante la visualización de imágenes desagradables en comparación con las agradables en ambos grupos de rendimiento en la *IGT* de la población reclusa.
4. Examinar la relación entre el rendimiento en la *IGT* y la deceleración de la tasa cardiaca en respuesta a imágenes desagradables en comparación con las agradables en participantes no clínicos, anticipando que un bajo rendimiento en la *IGT* estará relacionado con una mayor deceleración, mientras que un alto rendimiento en la *IGT* estará asociado con una menor deceleración de la tasa cardiaca.

2.2. Hipótesis

Teniendo en cuenta los datos obtenidos en las investigaciones revisadas a lo largo de la introducción, las hipótesis para los diferentes estudios de la presente tesis son los siguientes:

Estudio 1. Sensibilidad cardiaca a las recompensas en participantes no clínicos con inflexibilidad cognitiva.

1. Se espera que los participantes con alta inflexibilidad cognitiva tengan un rendimiento inferior en la *IGT*, en comparación con aquellos con baja inflexibilidad cognitiva.
2. Una correlación significativa entre la inflexibilidad cognitiva y la toma de decisiones subóptima en participantes no clínicos, y esta relación se verá influida por una mayor sensibilidad a las recompensas.
3. Que los participantes con alta inflexibilidad cognitiva muestren una mayor reactividad cardiaca ante ganancias y pérdidas monetarias durante la *IGT*, en comparación con aquellos con baja inflexibilidad cognitiva.

Estudio 2. Fenómeno destacado del mazo B y sensibilidad cardiaca a las recompensas en delincuentes encarcelados con alta y baja inflexibilidad cognitiva.

1. Se espera que los participantes reclusos muestren un rendimiento deficiente en la *IGT*.
2. Que exista una correlación significativa entre el rendimiento en la *IGT* y la hiperactividad a la recompensa en los reclusos, indicando una tendencia hacia elecciones más arriesgadas.

3. Que los participantes reclusos muestren una mayor reactividad cardiaca ante las ganancias y pérdidas monetarias en la *IGT*, indicando un mayor nivel de implicación emocional en el proceso de toma de decisiones.

Estudio 3. Reflejo de sobresalto y modulación de la tasa cardiaca en participantes no clínicos con alto y bajo rendimiento en la *IGT*.

1. Se espera un aumento significativo en el reflejo de sobresalto durante la visualización de imágenes desagradables, en comparación con las agradables, en ambos grupos de rendimiento en la *IGT*.
2. Que el rendimiento en la *IGT* esté inversamente relacionado con la magnitud de la respuesta de sobresalto ante imágenes emocionales en participantes no clínicos, es decir, bajos niveles de rendimiento en la *IGT* estarán asociados con respuestas de sobresalto de mayor magnitud, mientras que altos niveles de rendimiento en la *IGT* se relacionarán con respuestas de sobresalto de menor magnitud.
3. Una deceleración inicial significativamente mayor en la tasa cardiaca durante la visualización de imágenes desagradables, en comparación con las agradables, en ambos grupos de rendimiento en la *IGT*.
4. Que el rendimiento en la *IGT* está inversamente relacionado con la deceleración de la tasa cardiaca en respuesta a imágenes desagradables en participantes no clínicos, es decir, bajos niveles de rendimiento en la *IGT* estarán asociados con una mayor deceleración, mientras que altos niveles de rendimiento en la *IGT* estarán relacionados con una menor deceleración de la tasa cardiaca.

Estudio 4. Reflejo de sobresalto y modulación de la tasa cardiaca en delincuentes encarcelados con alto y bajo rendimiento en la *IGT*.

1. Se espera un aumento significativo en el reflejo de sobresalto durante la visualización de imágenes desagradables, en comparación con las agradables, en ambos grupos de rendimiento en la *IGT* dentro de la población en prisión.
2. Una correlación significativa entre el rendimiento en la *IGT* y la intensidad de la respuesta de sobresalto ante las imágenes de contenido emocional en la muestra en prisión, indicando que un bajo rendimiento en la *IGT* estará relacionado con respuestas de sobresalto más intensas (mayor magnitud), mientras que un alto rendimiento en la *IGT* se asociará con respuestas de sobresalto menos intensas.

3. Una deceleración inicial significativamente mayor en la tasa cardiaca durante la visualización de imágenes desagradables, en comparación con los agradables, en ambos grupos de rendimiento en la *IGT* dentro de la población en prisión.
4. Una correlación significativa entre el rendimiento en la *IGT* y la deceleración de la tasa cardiaca en respuesta a imágenes desagradables en participantes no clínicos, indicando que un bajo rendimiento en la *IGT* estará asociado con una mayor deceleración, mientras que un alto rendimiento en la *IGT* estará relacionado con una menor deceleración de la tasa cardiaca.

CAPÍTULO III. Cardiac sensitivity to rewards in cognitively inflexible nonclinical participants.

El contenido de este capítulo está publicado como:

Mata, J.L., Miranda Gálvez, A. L., López Torrecillas, F., & Miccoli, L. (2023). PeerJ, 11, e15318

Revista indexada en JCR. Factor de impacto: 2.7. Cuartil 2 de la categoría Ciencias Multidisciplinares: 36/73.

3.1. Abstract.

In psychopathologies characterized by compulsive decision-making, core impairments include cognitive inflexibility and excessive sensitivity to rewards. It has been posited that traits shared by nonclinical individuals and psychiatric patients could help explain the pathogenesis of compulsive decision-making. To investigate whether cognitive inflexibility predisposes nonclinical individuals to poor choices and hyper-reactivity to reward, we recruited people with high and low scores for cognitive persistence and used the Iowa Gambling Task to assess decision-making and cardiac reactivity to monetary gains/losses. As is frequently observed in psychophysiological research, the data indicated discrepancies among self-reports, behavior, and physiology. Cognitive inflexibility was not related to worse performance; however, monetary gains, in line with the literature, prompted marked cardiac accelerations. Consistent with our research goal, only inflexible participants showed large cardiac accelerations during the largest monetary wins.

Taken together, the data confirm an association between cognitive persistence and physiological reward sensitivity in a nonclinical population. The findings are in line with recent theories on the development of compulsive behaviors that consider cognitive inflexibility as a transdiagnostic impairment and predisposing factor for excessive reactivity to rewards, and might act both as a preexisting individual trait and drug-induced deficit.

3.2. Introduction.

Theories on impaired decision-making across a range of psychopathologies characterized by compulsivity, including behavioral and substance use disorders, identify cognitive inflexibility as a core transdiagnostic impairment (Parnaudeau, Bolkan & Kellendonk, 2018; Voon et al., 2017; Wyckmans et al., 2019). Cognitive inflexibility broadly refers to difficulty in readjusting one's choices after changes in reward contingency (Perandrés- Gómez et al., 2021). It is taken to indicate the inability to modify cognitive representations, and hence behavior, in response to changing conditions: the solutions that were appropriate during training are inappropriately applied to new problems (Taatgen et al., 2008). The consequence of such cognitive rigidity, "the tendency of an individual not to change" (Schultz & Searleman, 2002), is that the individual perseveres with a behavior despite its negative outcomes (Bechara et al., 1997; Rivalan, Ahmed & Dellu-Hagedorn, 2009). Recent human and animal models (Groman et al., 2019; Wyckmans et al., 2019) suggest that adaptive decision-making alternates efficiently between strategies that focus on long-term benefits and those that focus on immediate gain: long-term strategies are assumed to be deficient in compulsive disorders (Bell & Polaschek, 2017; Voon et al., 2017).

However, recent studies hint at a more complex and heterogeneous pattern of alternation between decisional strategies (Collins & Cockburn, 2020; Deserno & Hauser, 2020; Gueguen, Schweitzer & Konova, 2021) and suggest that Individual differences play a central role in addiction development (Fraser & Janak, 2019; Groman et al., 2019; Sebold et al., 2017; Vandaele & Ahmed, 2021). An individual trait that seems particularly crucial during the initial phases of reinforcement learning is hypersensitivity to reward, i.e., the tendency to overreact to pleasant cues (Fraser & Janak, 2019; Rivalan, Ahmed & Dellu-Hagedorn, 2009; Voon et al., 2017).

Overall, the findings indicate that pathological decision-making tends to be characterized by cognitive inflexibility as well as hyperreactivity to rewards (Banca, Harrison & Voon, 2016; Bell & Polaschek, 2017; Groman et al., 2019; Parnaudeau, Bolkan & Kellendonk, 2018; Perandrés-Gómez et al., 2021; Vandaele & Ahmed, 2021; Voon et al., 2017; Wyckmans et al., 2019). It has been proposed that research on traits that are shared by psychiatric patients and nonclinical individuals might aid understanding the pathogenesis of compulsive disorders (Rivalan, Ahmed & Dellu-Hagedorn, 2009). Accordingly, the present study aimed to answer the following research questions: If participants who are nonclinical exhibit trait cognitive inflexibility, will they

show—akin to clinical populations—physiological hyperreactivity to rewards following feedback about wins? Moreover, from a behavioral point of view, will nonclinical participants high in cognitive inflexibility—and therefore potentially prone to maladaptive decisions—display impaired decision-making? Thus, we focused on individual differences in nonclinical participants to identify traits that might contribute to the development of pathological reinforcement learning. The observation of hyperreactivity to rewards and/or impaired decision-making among participants who are nonclinical yet score highly for cognitive inflexibility would further support the role that cognitive inflexibility plays in promoting maladaptive reactivity to rewarding cues.

The idea that physiological reactivity might play a central role in decision-making emerged with the ‘somatic marker’ hypothesis (Bechara et al., 1994; Bechara, Dolan & Hindes, 2002; Bechara & Damasio, 2000), which proposes that, in ambiguous situations, physiological responses associated with certain earlier cues might guide decision-making. The Iowa Gambling Task (IGT) (ibidem) provided a framework to investigate complex decision-making in patients and controls (Bull, Tippet & Addis, 2015; Steingroever et al., 2013). In the IGT, participants try to win as much money as possible by choosing from among four card decks (A–D) 100 times; following each deck choice, they receive feedback on monetary wins or losses. However, the difference between “advantageous” (C, D) and “disadvantageous” decks (A, B) is not intuitive and it has been estimated that, after completing the IGT, about one third of healthy controls still do not understand its underlying logic and perseveres with “disadvantageous” decks despite considerable losses, see also the ‘prominent deck B’ phenomenon (Crone et al., 2004; Rivalan, Ahmed & Dellu-Hagedorn, 2009; Visagan, Xiang & Lamar, 2012).

While performance on the IGT (number of correct trials across successive blocks) is typically characterized by a learning curve and progressively stronger preference for advantageous decks (Crone et al., 2004; Werner, Duschek & Schandry, 2009), the physiological activity that precedes deck choice (typically the skin conductance response (SCR) and heart rate (HR)) suggests that, halfway through the task, disadvantageous decks prompt changes in SCR before feedback about losses/wins (Bechara et al., 1996; Goudriaan et al., 2006; Werner, Duschek & Schandry, 2009). Thus, according to the somatic marker hypothesis, anticipatory physiology promotes task understanding (Bechara et al., 1994; Werner, Duschek & Schandry, 2009). In addition, throughout the IGT, after each deck choice, feedback about monetary losses/wins allows to investigate the impact of rewarding/ punishing cues on post-choice physiology. Here, skin

conductance shows less consistent patterns (see Simonovic et al., 2019), whereas HR differentiates rewarding from aversive cues so that feedback on monetary wins, relative to losses, prompt repeated cardiac accelerations (Goudriaan et al., 2006; Herman, Esposito & Tsakiris, 2021; Studer, Scheibehenne & Clark, 2016). In tasks related and unrelated to gambling, cardiac accelerations are observed during rewarding, pleasant cues to such an extent that increasing heart rate during emotionally relevant cues is regarded as a reliable index of appetitive motivation (Bradley, Cuthbert & Lang, 1993; Bradley et al., 2001). In contrast to anticipatory physiology, which is more obvious in good performers, participants seem to react to wins and losses regardless of their level of task understanding (Crone et al., 2004; Rivalan, Ahmed & Dellu-Hagedorn, 2009), which suggests independence of reward sensitivity from the processing of task-relevant information (Rivalan, Ahmed & Dellu-Hagedorn, 2009).

Against this background, in the present study we used the Persistence Scale of the TCI-R (Temperament and Character Inventory-Revisited; Gutiérrez-Zotes et al., 2004) to identify participants scoring high or low on cognitive inflexibility. Consistent with current hypotheses on the role of inflexibility (Groman et al., 2019; Wyckmans et al., 2019) and reward sensitivity (e.g., Rivalan, Ahmed & Dellu-Hagedorn, 2009; Studer, Scheibehenne & Clark, 2016; Voon et al., 2017) in the development of addictions, we aimed to investigate: (1) whether participants scoring high in cognitive inflexibility show worse decision making, i.e., more disadvantageous choices, than cognitively flexible participants; (2) whether cognitively inflexible participants show greater cardiac sensitivity after IGT wins; and (3) whether the highest monetary wins amplify individual differences in physiological sensitivity to rewards, which overall would point toward increased physiological reactivity to rewarding, pleasant cues. The mutual presence of cognitive inflexibility and heightened sensitivity to reward in a sample of nonclinical individuals would further support the hypothesis that they both might contribute to the development of maladaptive reinforcement learning.

3.3. Materials and methods.

3.3.1. Participants.

The participants were 48 students (14 men) from the University of Granada, ranging in age from 18 to 37 years ($M = 20.6$; $SD = 4.0$) who participated for course credits. Students who did not want to (or could not) participate in the study were offered

alternative ways to obtain course credits. The experimenter in charge of data collection was not part of the teaching staff and selected participants based solely on their extreme scores on the TCI-R Persistence subscale, Spanish version (Temperament and Character Inventory-Revisited, Gutiérrez-Zotes et al., 2004). Participant selection was based on a blinded procedure: the experimenter used random digits rather than full names to identify the participants with the most extreme Cognitive Inflexibility scores. From among the initial sample of students who filled out the questionnaire, those with the highest scores (within the top 10% for the whole sample) and lowest scores (within the bottom 10%), i.e., participants in the upper (high cognitive inflexibility, $M = 125.2$, $SD = 10.7$, $n = 23$) and lower deciles (low cognitive inflexibility, $M = 101.4$, $SD = 7.3$, $n = 25$), were selected. Figure 3.1 shows the study procedure. The Cognitive Inflexibility scores for the upper and lower deciles matched those classified as ‘high’ ($M = 124$, averaged by sex) and ‘low’ ($M = 102$, averaged by sex), respectively, based on Spanish normative data (ibidem). Participants were included only if they did not suffer from physical or psychiatric disorders and did not use any psychoactive drugs. Because of equipment failures and/or excessive artifacts, the final sample size was 48 for performance data and 46 for heart rate data. Using G Power for ANOVA designs (Faul et al., 2007) and including one 2-level within variable and one 2-level between variable, we set error probability (α) at 0.05 and statistical power ($1 - \beta$) at 0.8. Applying these parameters, the current sample size ($n = 46$) was deemed sufficient to detect small effects (partial $\eta^2 = 0.02$). All participants provided written informed consent. The UGR Ethical Committee approved the experimental protocol (IRB-#2994/CEIH/2022), that complied with the APA ethical standards and the Declaration of Helsinki.

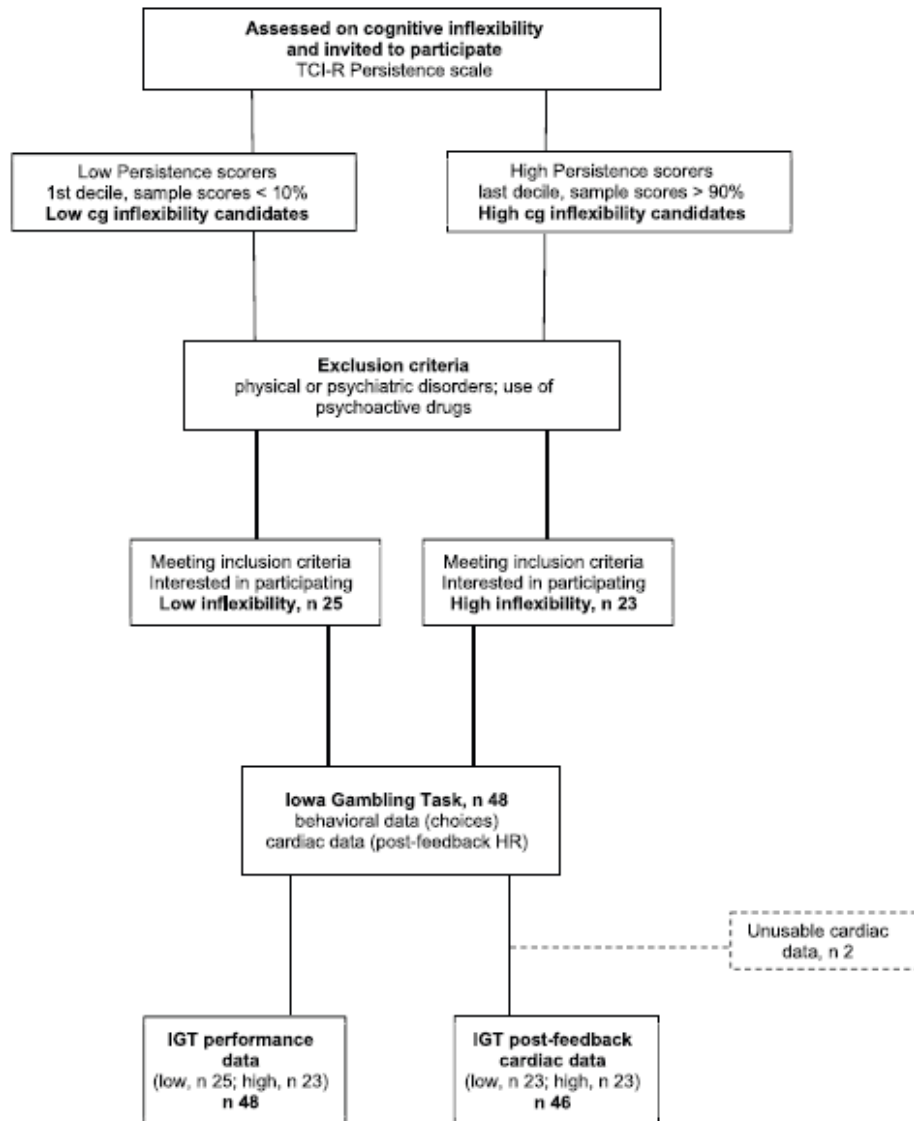


Figure 3.1. *Participant flowchart.*

3.3.2. Instruments.

TCI-R Persistence subscale. To assess cognitive inflexibility, the Persistence subscale from the Temperament and Character Inventory-Revisited was administered (Cloninger, 1999; validated Spanish version, Gutiérrez-Zotes et al., 2004). The authors have permission to use this instrument from the copyright holders. The TCI-R Persistence scale consists of 35 5- point Likert items that evaluate Persistence/Cognitive Inflexibility, which is one of the main components of Cloninger's psychobiological model of personality (ibidem); in the present sample, the scale showed moderate internal consistency ($\alpha = 0.73$), similar to Spanish normative data ($\alpha = 0.76$).

Iowa Gambling Task. All participants performed a computerized version of the IGT (Bechara et al., 1994). During 100 trials, participants tried to win as much money as possible by choosing from among four card decks (A–D) with different win and loss contingencies: decks A and B lead to big wins but even bigger losses (disadvantageous decks), whereas decks C and D lead to smaller wins but, in the long term, result in larger net gains (advantageous decks).

3.4. Procedure.

Performing the Iowa Gambling Task (IGT), each trial began with all decks displayed on the screen. Immediately after the participant's choice (left mouse button), if the deck was associated with monetary losses, gains were displayed for 2 s followed by larger losses, shown for 2 s and a variable (1–3 s) intertrial interval (ITI). However, if the deck was associated with monetary gains, these were displayed for 2 s and immediately followed by a 3–5 s ITI. To provide constant feedback, cumulative gains were always in view. At the end of the task, participants were asked if they thought one deck was more advantageous than the others and, if they did, they identified it.

For behavioral data analysis, the IGT is traditionally divided into five blocks of 20 trials, and performance is indexed by the number of advantageous/disadvantageous choices across blocks (e.g., Crone et al., 2004); this allows the IGT learning curve to be observed, where participants initially choose decks A and B, but gradually learn that C and D are preferable.

ECG was continuously monitored during a 10-min pre-task rest (baseline), and during the IGT. Nonpolarizable Ag-AgCl electrodes were attached using Eithoven's lead II (right mid-clavicle, left ankle and right ankle, ground). ECG activity was digitalized at a 1,000 Hz sampling rate using the Biopac MP 100 device (Biopac Systems, Inc., Goleta, CA, USA).

Automatic R-wave detection and artifact correction were performed with ECGlab Matlab software (Carvalho et al., 2002) before the extraction of HR values. Mean HR was calculated across baseline and the IGT using KARDIA Matlab software (Perakakis et al., 2010) and custom Matlab scripts (Matlab 2013a; MathWorks Inc., Natick, MA, USA). Monetary feedback was delivered immediately after the deck choice. To examine how post-choice monetary feedback modulated cardiac responses, HR changes were assessed every half-second for 6 s (12 bins) with respect to a 1 s pre-feedback baseline.

Zero gain trials ($n = 48$; 1.05% of all trials), which provided no gain or loss, were excluded from the analysis.

3.5. Data analysis.

For behavioral data, in line with the literature (Bechara & Damasio, 2000; Werner, Duschek & Schandry, 2009) we examined the number of trials across successive blocks in which cognitively inflexible or flexible participants chose advantageous or disadvantageous decks. A mixed-design analysis of variance of the average number of trials was performed, with Deck Type (two levels: disadvantageous vs. advantageous) and Block (five levels: 1–5) as within-participant variables and Cognitive Inflexibility (two levels: low vs. high) as a between-participant variable.

For cardiac data, a mixed ANOVA of average HR changes included Monetary Feedback (two levels: losses vs. wins) and Bins across each trial (12 levels: 1–6 s) as within-participant variables, and Cognitive Inflexibility (two levels: low vs. high) as a between-participant variable. Subsequently, to investigate whether the largest losses or gains prompted distinct cardiac patterns in cognitively inflexible and flexible participants, we examined HR changes after monetary feedback below or above the 10th percentile. An additional mixed ANOVA examined HR changes following the Largest Monetary Feedback (two levels: greatest losses vs. greatest wins; repeated-measures variable), while the other variables, i.e., Bins and Cognitive Inflexibility, remained unchanged.

All statistical analyses were performed using Statistica v.13 (Dell Inc., Round Rock, TX, USA, 2015). The level of significance was set at 0.05; Greenhouse–Geisser adjustment was applied as necessary, and partial η^2 was used as a measure of effect size. Based on existing literature, the number of trials was expected to increase across blocks for advantageous decks and monetary gains were expected to prompt larger cardiac accelerations than losses. Accordingly, a priori pairwise comparisons were planned and performed to test specific contrasts. All graphs include 95% CIs, which display the variability around the mean more accurately and clearly than standard errors and standard deviations (Motulsky, 2010).

3.6. Results.

For behavioral data results, as shown in Fig. 3.2, the statistically significant two-way interaction between Block and Deck Type ($F(2.9, 133.5) = 9.5$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.17$)

indicates the typical learning trend seen during the IGT. Pairwise comparisons revealed that during the first 20 trials (Block 1) participants chose disadvantageous decks more often ($p < 0.0001$). However, starting from Block 3 (trials 40–60), advantageous decks were preferred (all pairwise comparisons < 0.05), although confidence intervals revealed variability in the participants' choices. The lack of significant main and interaction effects for Cognitive Inflexibility indicated that it had no impact on the participants' deck type preference or learning over successive blocks ($F(1, 43) = 0.370$, $p = 0.546$).

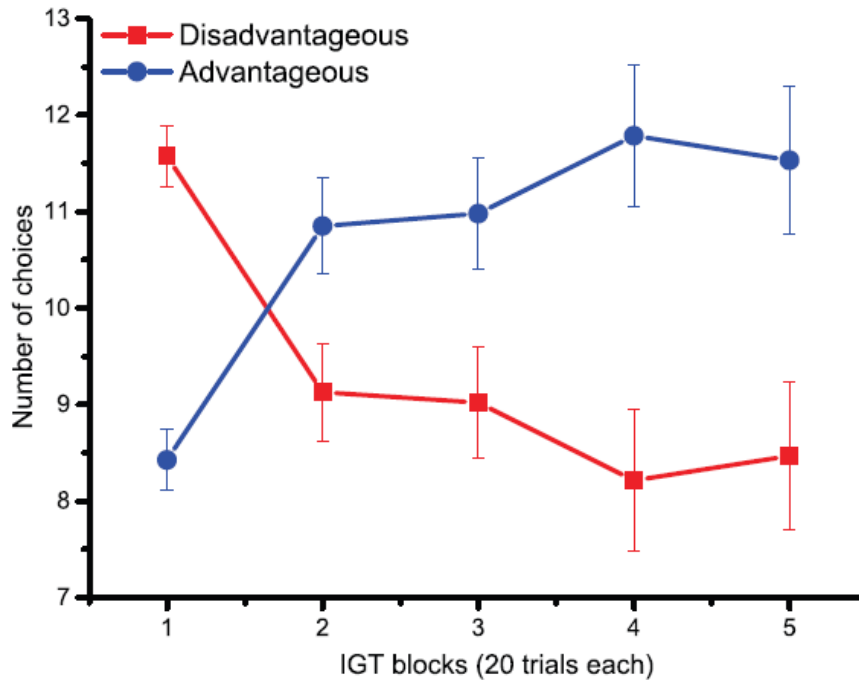


Figure 3.2. Behavioral data. IGT learning trend (i.e., the number of choices of advantageous/disadvantageous decks) across the five blocks. Participants gradually learnt to favor advantageous over disadvantageous decks.

For cardiac data, there was a main effect of Monetary Feedback (post-choice information on Losses/Wins) ($F(1, 44) = 26.4$, $p < 0.0001$, $\eta_p^2 = 0.37$), indicating larger cardiac accelerations after wins compared to losses. A significant interaction between Monetary Feedback and Bins was found across trials ($F(2.7, 119.3) = 12.1$, $p < 0.0001$, $\eta_p^2 = 0.22$); pairwise comparisons revealed that 1.5 s after the feedback (from Bin 3), HR was larger following monetary gains compared to losses (pairwise comparisons < 0.01 after 1.5 s; all comparisons < 0.0001 2.5 – 5.5 s after monetary feedback). The significant main effect of Cognitive Inflexibility ($F(1, 44) = 5.2$, $p < 0.05$, $\eta_p^2 = 0.11$) indicated that cognitively flexible participants had a higher heart rate, regardless of monetary feedback; no further effects reached statistical significance.

In heart rate changes after the Largest Losses/Wins, the main effect of Largest Monetary Feedback ($F(1, 44) = 20.9, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.32$) indicated that the upper 10th percentile of monetary gains prompted larger cardiac accelerations than the greatest losses, confirming the pattern observed following overall Losses/Wins feedback. Similarly, pairwise comparisons of the significant interaction between Largest Monetary Feedback and Bins across trials ($F(2.3, 99.2) = 8.4, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.16$) showed that, 2 s after feedback was provided, HR changes were larger, indicating cardiac accelerations, following the greatest monetary gains (the pairwise comparisons were < 0.01 2 s after the largest Losses/Wins; starting from 3 s after the start of the trial until the end of the trial, all p -values were < 0.001). The significant interaction between Cognitive Inflexibility and the Largest Monetary Feedback ($F(1, 44) = 5.4, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.11$), in Fig. 3.3, indicated that only cognitively inflexible participants showed larger cardiac accelerations after monetary gains, reflecting greater sensitivity to rewards ($p < 0.001$); this was not seen in low cognitive inflexibility individuals.

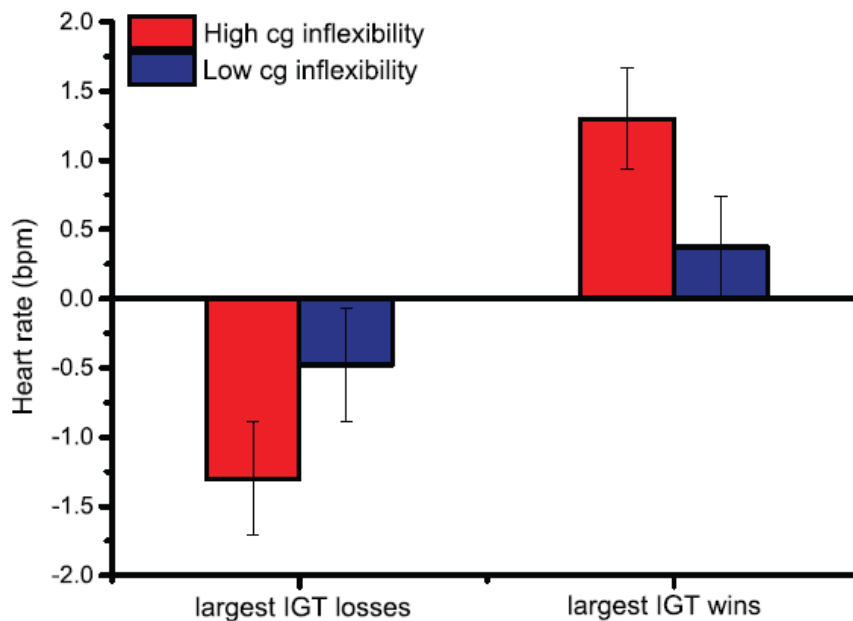


Figure 3.3. Cardiac data after the Largest Monetary Feedback. Group differences in heart rate (bpm) were found following the largest monetary gains, suggesting greater sensitivity to rewards in cognitively inflexible participants.

3.7. Discussion.

The present study examined whether nonclinical individuals with high cognitive inflexibility show poor performance and physiological hyper-reactivity to rewards during

a complex decision-making task. The data indicated that, over time, the participants learned to avoid disadvantageous options, thus confirming the behavioral patterns expected in the IGT. However, cognitive inflexibility did not affect performance. When we examined sensitivity to rewards (as indexed by cardiac reactions to IGT wins), we observed that, in line with the literature, monetary gains prompted greater cardiac accelerations than monetary losses (Goudriaan et al., 2006; Miu, Heilman & Houser, 2008; Studer, Scheibehenne & Clark, 2016). Moreover, when comparing reactions to the largest monetary wins and losses, we observed that only cognitively inflexible individuals showed larger cardiac accelerations during the greatest wins. Taken together, the data confirmed the hypothesized role of individual traits in modulating reactions to rewarding cues, where individuals with high cognitive inflexibility showed greater reward sensitivity. However, cognitive inflexibility did not modulate performance on the IGT, as evidenced by the number of disadvantageous choices, therefore indicating a mismatch between behavioral performance and post-choice physiology (which is discussed below).

Cognitive inflexibility, which manifests behaviorally as difficulty switching to an alternative option when a previously rewarding cue leads to negative outcomes, has been identified as a core feature of psychiatric disorders characterized by compulsivity, such as behavioral and substance use disorders (Banca, Harrison & Voon, 2016; Perandrés-Gómez et al., 2021). Recent theories on the development of addictions assign a central role to cognitive inflexibility as a transdiagnostic impairment of higher-order cortical functions (e.g., Parnaud au, Bolkan & Kellendonk, 2018; Voon et al., 2017) that accompanies compulsive behavior, and might act both as a preexisting trait and a drug-induced deficit (Groman et al., 2019). According to these theories, cognitive flexibility is expected to aid decision-making by promoting efficient alternation between reward-driven (“model-free”) and long-term (“model-based”) strategies (Groman et al., 2019; Voon et al., 2017; Wyckmans et al., 2019). Although this dichotomy has been criticized as too simplistic and narrow given the heterogeneity of decisional strategies (Collins & Cockburn, 2020; Deserno & Hauser, 2020; Gueguen, Schweitzer & Konova, 2021; Vandaele & Ahmed, 2021), both clinical and animal data indicate that individual differences in reward sensitivity play a key role in decisional strategies adopted during pathological reinforcement learning (Fraser & Janak, 2019; Groman et al., 2019). Consistent with this, the nonclinical university students in the present study scoring highly for cognitive inflexibility showed greater cardiac accelerations after the largest wins compared to cognitively flexible participants. Here, it should be noted that greater

reward sensitivity has repeatedly been observed in psychiatric and substance use disorders characterized by cognitive inflexibility (Groman et al., 2019; Parnau, 2018; Bolkan & Kellendonk, 2018; Perandrés-Gómez et al., 2021; Verdejo-García, Lawrence & Clark, 2008; Wyckmans et al., 2019). By contrast, the current study found an association between higher cognitive inflexibility and heightened reward sensitivity in nonclinical individuals, thus confirming an association between a psychological trait (cognitive inflexibility) and physiological correlate (cardiac hyper-reactivity to rewards) in a sample free from psychopathology.

Concerning the role of sensitivity to reward in the context of cognitive inflexibility, an fMRI study (Gusnard et al., 2003) investigated neural correlates of cognitive inflexibility, as assessed by Cloninger's TCI Persistence Scale (Cloninger et al., 1994). Cognitive inflexibility was consistently associated with greater (high-cognitive inflexibility individuals) or reduced (low-cognitive-inflexibility individuals) activity in areas of a neurocircuit including the occipital and medial prefrontal cortices and ventral striatum; this circuit is functionally associated with "reward-related activities" and hypothesized to "guide behavior based on contextually relevant incentive-based information" (Gusnard et al., 2003). The current data therefore confirm Gusnard and colleagues' findings, suggesting that cognitive inflexibility might be associated with greater reward sensitivity, as indexed by central and peripheral physiological markers.

In the IGT, it has been repeatedly observed that monetary gains prompt cardiac accelerations (Crone et al., 2004; Goudriaan et al., 2006). In tasks related or unrelated to gambling, increased heart rate reliably accompanies the presentation of rewarding, pleasant cues to such an extent that cardiac accelerations during emotionally relevant cues are regarded as a reliable index of appetitive motivation, i.e., the evolutionarily adaptive urge to pay sustained attention to motivationally positive cues (Anderson & Brown, 1984; Bradley, Cuthbert & Lang, 1993; Bradley et al., 2001; Greenwald, Cook & Lang, 1989). However, in the Iowa Gambling Task, the processes through which sensitivity to rewards may influence performance are less clear. Bechara & Damasio (2000) hypothesized that, by increasing monetary gains, participants would be more motivated and thus perform better. However, the data indicated that performance did not improve with larger wins (ibidem; Lee et al., 2014). Similarly, in the frequently observed 'prominent deck B' phenomenon (Crone et al., 2004; Lin et al., 2007; Visagan, Xiang & Lamar, 2012), a high frequency of wins associated with deck B makes it difficult for participants to resist it despite 'its bad final outcomes' (see Visagan, Xiang & Lamar, 2012). Based on the

current findings, we hypothesize that high monetary wins and the associated cardiac accelerations might create an overall feeling of pleasure wherein some IGT cues assume greater motivational relevance; this rewarding context might distract some vulnerable individuals from long term, gradual gains and bias them toward immediate ones that are in fact best avoided.

The data presented here therefore seem consistent also with the literature on delayed reward discounting, which indicates that there is a decrease in subjective value of any reward that must be postponed: it is difficult to refrain from selecting immediate rewards (Bari & Robbins, 2013; Bickel et al., 2014; Hamilton & Potenza, 2012; Stevens et al., 2014). As an individual trait, delay discounting has been ‘linked to unfavorable addiction treatment outcomes’ (Stevens et al., 2014) and identified as an endophenotype for multiple psychiatric disorders (Bickel et al., 2019). Further data are needed to elucidate the behavioral and physiological correlates of the traits that render some individuals with high reward sensitivity vulnerable to poor decision-making.

In the current study, the association between subjective cognitive inflexibility and physiological reward sensitivity was not accompanied by worse performance. In line with previous studies (e.g., Crone et al., 2004; Rivalan, Ahmed & Dellu-Hagedorn, 2009; Werner, Duschek & Schandry, 2009), the discrepancy between performance and post-choice physiology seen herein suggests that trial-by-trial rewards take precedence over long-term strategies (Crone et al., 2004). Consistent with this, it has been argued that pathological hypersensitivity to reward might impair decision-making because of biases in motivational relevance rather than failure to acquire relevant information (Rivalan, Ahmed & Dellu- Hagedorn, 2009). The present data confirm that exaggerated reward sensitivity, as indexed by physiological reactivity, can occur despite adequate information processing, as indexed by performance in the IGT. The observation of discrepancies among self-report, behavioral, and physiological data is not uncommon in emotion research: among fear disorder patients, those who report the most severe symptomatology tend to show reduced physiological reactivity to phobic cues (Lang, McTeague & Bradley, 2016; McTeague & Lang, 2012). Similarly, among nonclinical participants presented with emotionally relevant cues, subjective and behavioral indices frequently diverge from physiological responses (Bradley et al., 2001; Bradley & Lang, 2007). Therefore, the current findings are consistent with research and clinical perspectives, and demonstrate the importance of combining physiological, behavioral, and self-report indices of psychopathology to provide clinicians and researchers with more complete and

reliable reference data (Insel & Cuthbert, 2015); the ultimate goal of this approach is to identify vulnerable individuals with respect to a wide spectrum of psychopathologies, and to tailor treatment based on specific biobehavioral correlates (Kypriotakis, Cinciripini & Versace, 2020).

The current findings might help account for previous inconsistencies regarding the role of cognitive inflexibility in addictions: while some data indicate that cognitive inflexibility assists individuals in refraining from maladaptive habits, other data show that its presence constitutes an obstacle to recovery (e.g., Etter, 2010; Kalman et al., 2010; López-Torrecillas et al., 2014). We hypothesize that such discrepancies might originate from a lack of conceptual clarity, given that cognitive (in)flexibility has been regarded as a negative trait reflecting cognitive rigidity and resistance to change (e.g., Abbate-Daga et al., 2014; López-Torrecillas et al., 2014; Perandrés-Gómez et al., 2021), as well as a positive trait akin to endurance (i.e., ‘grit’ in the face of adversity; Cloninger et al., 1994; Etter, 2010; Kalman et al., 2010). Indeed, the more recent TCI-R takes a wider view of the construct of cognitive inflexibility, such that it can have both positive and negative outcomes (Josefsson et al., 2013). The data reported here suggest that sensitivity to rewards might predispose cognitively inflexible individuals to suboptimal decision-making. Thus, the findings imply that cognitive inflexibility hinders rather than assists individuals in terms of abstaining from maladaptive habits. The generalizability of the results, however, would be improved by studies refining the concept of cognitive inflexibility, and subsequently validating it.

3.8. Conclusion.

In summary, cognitive inflexibility and sensitivity to rewards are common in compulsive disorders. We examined whether, in a nonclinical sample, cognitive inflexibility was similarly associated with worse decision-making or increased appetitive reactions to wins.

Cognitive inflexibility did not alter performance; however, cognitively inflexible participants showed large cardiac accelerations during the largest wins. Cardiac accelerations, as a reliable biological marker of appetitive motivation, suggest that greater sensitivity to rewards might render cognitively inflexible individuals more vulnerable to the largest gains, thereby predisposing them to inadequate decision-making. The findings, in line with recent research and clinical perspectives, demonstrate the relevance of

incorporating physiological, behavioral, and self-report markers/indices of psychopathology, to identify vulnerable individuals and tailor treatment based on specific biobehavioral correlates.

CAPÍTULO IV. Prominent Deck B Phenomenon and heart rate sensitivity to rewards in Incarcerated offenders with high and low cognitive inflexibility.

El contenido de este capítulo está siendo revisado para su publicación.

Autores: Azahara Miranda¹⁻², José Luis Mata¹, Francisca López-Torrecillas

Faculty of Psychology, University of Granada, Granada, Spain

¹ Co-first authors.

² Corresponding author, Azahara Leonor Miranda, Faculty of Psychology, University of Granada, Campus Universitario Cartuja s/n, 18011 Granada, Spain. Email: azaharamg@ugr.es

4.1. Abstract.

Absence of investigations exploring the relationship between cognitive inflexibility and cardiac sensitivity to rewards and punishments, particularly in incarcerated offenders characterized by deficient executive function like deficient decision-making mechanisms. It has been posited that traits shared by incarcerated offenders and psychiatric patients could offer insights into understanding the development of compulsive decision-making and challenges related to emotional and behavioral regulation. To investigate whether in a population with decision-making problems per se predisposes to poor choices, hyper-reactivity to reward or punishment, we recruited incarcerated offenders with high and low scores for cognitive persistence and used the Iowa Gambling Task to assess decision-making and cardiac reactivity to monetary gains/losses. The data indicated that all inmates performed deficiently on the Iowa Gambling Task and have a preference for deck B. Monetary gains, in line with literature, prompted large cardiac accelerations, regardless of their level of cognitive inflexibility. Findings are in line with the theories that highlight decision-making as a compromised element within the executive functions observed in incarcerated offenders, persisting in their “inappropriate-negative behavior” (drug abuse, violence among them), despite the negative consequences. This persistence is attributed to an increased sensitivity to immediate rewards, promoting short-term strategies.

4.2. Introduction.

Executive functions, encompassing cognitive, emotional, and motivational processes crucial for behavior regulation (Ogilvie et al., 2011), play a pivotal role in facilitating cognitive flexibility and decision-making (Tirapu-Ustárrroz et al., 2017). Various studies have consistently demonstrated a correlation between aggressive behaviors and compromised executive functioning (Broomhall, 2005; Hoaken et al., 2003; Marsh & Martinovich, 2006; Raaijmakers et al., 2008; Séguin et al., 2009). Individuals with a history of violent criminal behavior exhibit notable deficits in prefrontal function and greater planning impairments compared to those with nonviolent convictions (Karlsson et al., 2016; Meijers et al., 2017; Wallinius et al., 2019; Zou et al., 2013). Additionally, individuals with a criminal background display subpar cognitive flexibility performance (Karlsson et al., 2016; Meijers et al., 2015; Seruca and Silva, 2015; Wallinius et al., 2019). Cognitive inflexibility, signifies an individual's inclination to persist in a specific behavior without adapting, even in the face of negative outcomes (Bechara et al., 1996; Rivalan et al., 2009). On the other hand, decision-making involves the ability to select an advantageous response from an array of available options (Bechara et al., 1998). In psychopathologies marked by compulsivity, such as behavioral and substance use disorders, impaired decision-making is a recurrent feature, with cognitive inflexibility recognized as a fundamental transdiagnostic impairment (Parnaudeau et al., 2018; Voon et al., 2017; Wyckmans et al., 2019). Studies consistently indicate that offenders tend to display poor cognitive inflexibility and deficient decision-making skills (Bergvall et al., 2001; Block et al., 2010; De Brito et al., 2013; Dolan et al., 2012; Miura et al., 2016; Ross & Hoaken, 2011). Addressing cognitive inflexibility emerges as a crucial factor in potentially reducing violent behavior among inmates, as suggested by research findings (Vadini et al., 2018; Molleman et al., 2022; Romero-Martínez et al., 2023).

In the context of decision-making, the somatic marker hypothesis (SMH) posits that emotions play a crucial role in aiding decision processes, particularly in intricate scenarios characterized by uncertain future outcomes. Whether it is interpreted from the somatic marker hypothesis (Damasio et al., 1991), cognitive deficits combined with a poor emotion processing system could lead individuals to choose reinforcements without anticipating the negative consequences of their decisions or actions. Consequently, this deficiency in behavioral regulation reinforces a preference for immediate gratification

(Ren et al., 2015). The cumulative findings suggest that pathological decision-making tends to exhibit traits such as cognitive inflexibility, along with heightened reactivity to both rewards and punishments (Banca et al., 2016; Bell & Polaschek, 2017; Perandrés-Gómez et al., 2021; Vandaele & Ahmed, 2021; Voon et al., 2017; Wyckmans et al., 2019). Responses to rewards or punishments exhibit individual variation (Farmer, 2005; Jean-Richard-Dit-Bressel et al., 2018; Kim et al., 2014) and are essential for learning (Thorndike, 1927). In fact, differences in these responses influence the likelihood of experiencing problem behaviors (e.g., drug abuse and violent behavior).

The *Iowa Gambling Task* (IGT), created by the same authors, serves as an executive test designed to explore decision-making and the learning derived from such decision processes. In the IGT, participants aim to maximize their monetary gains by selecting cards from four decks labeled A through D in a total of 100 trials. Subsequent to each deck choice, participants receive feedback indicating monetary wins or losses. Typically, IGT performance reveals a tendency towards favoring advantageous decks (Crone et al., 2004; Werner et al., 2009). The distinction between "advantageous" (C, D) and "disadvantageous" (A, B) decks is acquired over the course of the test. However, this pattern is not universal, as some participants persist in choosing disadvantageous decks, particularly deck B, despite its potential for both monetary rewards and substantial losses (Crone et al., 2004; Rivalan et al., 2009; Visagan et al., 2012). Due to the immediate and substantial rewards offered by deck B in most trials, participants become myopic by this attraction, representing *prominent deck B phenomenon* (Lin & Chiu 2007; Lin et al. 2012). Deck B provides high and immediate rewards, but its infrequent yet substantial losses make it disadvantageous in the long term. While deck A is also suboptimal, with losses exceeding gains over time, its individual losses are smaller. A preference for Deck B may signal either high sensitivity to reward or low sensitivity to punishment. Recent studies identify a preference for Deck B among offenders, indicating suboptimal learning during IGT blocks and a specific inclination toward disadvantageous decks, particularly Deck B (Umbach et al., 2019). This phenomenon of deck B extends beyond clinical populations, as evidenced by studies involving non-clinical individuals (Bark et al., 2005; Lin et al., 2012; Rodríguez-Sánchez et al., 2005; Steingroever et al., 2013; Takano et al., 2010). Control participants consistently show a preference for Deck B, as revealed in various studies (e.g., Caroselli et al., 2006; Fernie & Tunney, 2006; Toplak et al., 2005; Wilder et al., 1998).

In the IGT, the outcomes of choices result in wins or losses of money, points, or other rewards, evoking strong emotional responses. Regarding the anticipatory response to deck selection, the SMH suggested that we can find a higher autonomic activation, indicated by increased anticipatory Skin Conductance Response (SCR) and heart rate (HR), before choosing from disadvantageous decks rather than advantageous ones. The pre-deck choice monitoring of HR activity implies that, with the advancement of task blocks, the selection of disadvantageous decks induces alterations in HR (Bechara et al., 1996; Goudriaan et al., 2006; Werner et al., 2009). In line with the SMH, anticipatory physiological responses are posited to facilitate task learning (Bechara et al., 1994; Werner et al., 2009), this enhances decision-making, as seen in the IGT where a preference for advantageous decks is evident. In the IGT paradigm, feedback following each deck choice is utilized to study how rewarding and punishing cues influence post-choice physiological responses. Unfavorable choice outcomes commonly result in more pronounced HR decelerations compared to positive outcomes (Crone et al., 2004; Kastner, Kube, Villringer, & Neumann, 2017). These autonomic responses exhibit heightened intensity when individuals can dynamically adapt their choices in response to moment-to-moment feedback, indicating a potential pivotal role in performance monitoring (Crone, Bunge, de Klerk, & van der Molen, 2005; Studer & Clark, 2011; Wright & Rakow, 2017). Consistent with this pattern, accruing monetary gains induces heart rate (HR) accelerations (Goudriaan et al., 2006; Herman et al., 2021; Studer et al., 2016). This perspective posits that HR serves as a distinguishing factor between rewarding and aversive cues, evident in gambling tasks where monetary wins elicit repetitive cardiac accelerations relative to losses (Goudriaan et al., 2006; Herman et al., 2021; Studer et al., 2016). Physiological responses during deck selection anticipate subsequent behavior in repeated decision-making contexts.

With all this in mind, the current study utilized the Persistence Scale of the TCI-R (Temperament and Character Inventory-Revisited; Gutiérrez-Zotes et al., 2004) to categorize incarcerated offenders into high or low cognitive inflexibility groups. In accordance with contemporary theories positing the significance of inflexibility in cognitive functioning (Groman et al., 2019; Wyckmans et al., 2019), alongside the acknowledged impact of reward-punishment sensitivity on the progression of addictive behaviors and involvement in violent conduct (e.g., Rivalan et al., 2009; Studer et al., 2016; Voon et al., 2017), our study sought to investigate: 1) Whether individuals with

high cognitive inflexibility exhibit poorer decision-making, characterized by a higher frequency of disadvantageous choices, in comparison to cognitively flexible participants; 2) Whether individuals with high cognitive inflexibility display a pronounced bias toward selecting deck B; and 3) Whether poor performers on the IGT exhibit heightened cardiac sensitivity to wins or losses. The coexistence of suboptimal decision-making and increased cardiac sensitivity to reward in incarcerated offenders would provide additional support for the hypothesis that both factors contribute to the development of maladaptive reinforcement learning.

4.3. Materials and methods.

4.3.1. Participants.

The participants were 40 inmates from the Albolote Penitentiary Center (Granada), all men, ranging in age from 23 to 52 years ($M = 36.6$; $SD = 8.34$). They were selected due to their extreme scores on the TCI-R Persistence subscale, Spanish version (Temperament and Character Inventory-Revisited, Gutiérrez-Zotes et al., 2004), participants within the upper (high cognitive inflexibility, $M = 143.45$; $SD = 9.72$; $n = 20$) or lower decile (low cognitive inflexibility, $M = 109.25$; $SD = 13.81$; $n = 20$). Figure 4.1 shows the study procedure. Participant selection was based on a blinded procedure: the experimenter used random digits rather than full names to identify the participants with the most extreme Cognitive Inflexibility scores. Using G* Power for ANOVA designs (Faul et al., 2009) and including one 2-level within variable and one 2-level between variable, we set error probability (α) at .05 and statistical power ($1-\beta$) at 0.8. Applying these parameters, the current sample size ($N = 40$) was deemed sufficient to detect small effects ($\eta^2 = .5$). All participants provided written informed consent and received monetary compensation for their participation. The experimental protocol received approval from the UGR Ethical Committee, ensuring compliance with the ethical standards outlined by the American Psychological Association (APA) and the principles of the Declaration of Helsinki.

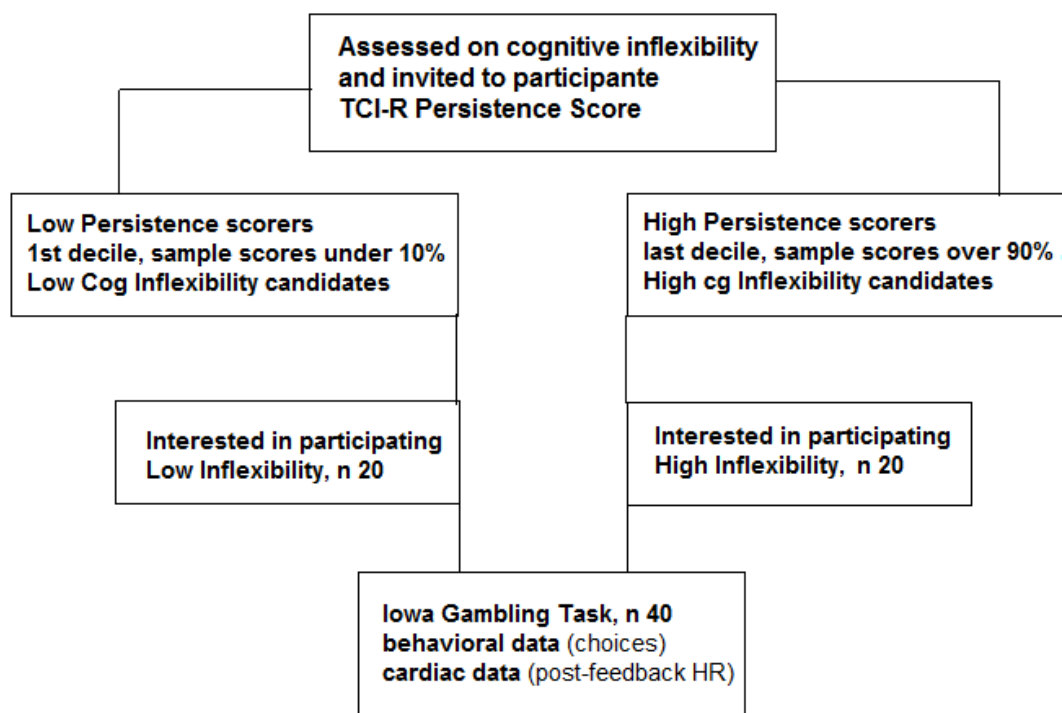


Figure 4.1. *Participant flowchart.*

4.3.2. Instruments.

TCI-R Persistence subscale. To assess cognitive inflexibility, the Persistence subscale from the Temperament and Character Inventory-Revisited was administered (Cloninger, 1999; Cloninger et al., 1994; validated Spanish version, Gutiérrez-Zotes et al., 2004). Importantly, the authors obtained explicit permission from the copyright holders to use this instrument in their research. The Persistence scale of TCI-R comprises 35 Likert items, each rated on a 5-point scale. This scale is designed to assess Persistence/Cognitive Inflexibility, a key construct within Cloninger's psychobiological model of personality (ibidem). In the current study, the scale demonstrated a moderate level of internal consistency ($\alpha = .73$) within the sample, mirroring the consistency observed in Spanish normative data ($\alpha = .76$).

Iowa Gambling Task. Participants engaged in a computerized version of the Iowa Gambling Task (IGT) (Bechara et al., 1994). Across 100 trials, they aimed to maximize monetary gains by selecting cards from four decks (A-D). Decks A and B offered substantial wins but also significant losses (disadvantageous decks), while decks C and

D provided smaller wins but ultimately yielded greater net gains over the long term (advantageous decks).

4.4. Procedure.

During the IGT, each trial commenced with the simultaneous display of all decks on the screen. Post the participant's selection (activated by the left mouse button), if the chosen deck incurred monetary losses, gains were exhibited for a duration of 2 seconds, succeeded by larger losses presented for another 2 seconds. This sequence was then followed by a variable intertrial interval (ITI) ranging from 1 to 3 seconds. Conversely, if the selected deck was associated with monetary gains, these gains were showcased for 2 seconds, immediately succeeded by an ITI lasting between 3 to 5 seconds. Cumulative gains remained constantly visible to ensure continuous feedback throughout the task. After finishing the task, participants were asked if they believed any deck was more advantageous. If they had a preference, they were then asked to identify the favored deck.

In behavioral data analysis, the IGT is typically segmented into five blocks, each consisting of 20 trials. Performance is assessed based on the count of advantageous or disadvantageous choices made across these blocks (e.g., Crone et al., 2004). This approach enables the observation of the IGT learning curve, revealing a pattern where participants initially favor decks A and B but gradually learn the preference for decks C and D.

The ECG was consistently monitored throughout a 10-minute pre-task rest period (baseline) and during the Iowa Gambling Task (IGT). Nonpolarizable Ag-AgCl electrodes were affixed in accordance with Einthoven's lead II configuration (right mid-clavicle, left ankle, and right ankle, with the ground). ECG signals were digitized at a sampling rate of 1000 Hz using the Biopac MP 100 device (Biopac Systems, Inc., Goleta, CA). Automatic R-wave detection and artifact correction were performed with ECGlab Matlab software (Carvalho et al., 2002) before the extraction of HR values. Mean HR was calculated across baseline and the IGT using KARDIA Matlab software (Perakakis et al., 2010) and custom Matlab scripts (Matlab 2013a, MathWorks Inc.). Immediate monetary feedback followed the selection of a deck. To investigate the influence of post-choice monetary feedback on cardiac responses, changes in heart rate (HR) were

examined in intervals of half a second for a duration of 6 seconds (12 bins), relative to a baseline of 1 second before the feedback.

4.5. Data analysis.

In analyzing behavioral data, consistent with existing literature (Bechara & Damasio, 2000; Werner et al., 2009), we investigated the trials across successive blocks wherein cognitively inflexible or flexible participants made choices on advantageous or disadvantageous decks. An average number of trials was subjected to a mixed-design analysis of variance, incorporating Deck (4 levels: A, B, C, D) and Block (5 levels: 1-5) as within-participant variables, and Cognitive Inflexibility (two levels: low vs. high) as a between-participant variable.

Concerning cardiac data, an average heart rate (HR) changes analysis, employing a mixed ANOVA, considered Monetary Feedback (2 levels: losses vs. wins) and Bins across each trial (12 levels: 1-6 s) as within-participant variables, with Cognitive Inflexibility (two levels: low vs. high) as a between-participant variable.

Statistical analyses were performed using Statistica v.13 (Dell Inc., 2015), employing a predetermined significance level of .05. Greenhouse-Geisser adjustments were applied as necessary, and partial η^2 served as the effect size measure. In line with previous research expectations, an increase in the number of trials for advantageous decks across blocks was anticipated, and larger cardiac accelerations were expected for monetary gains compared to losses. To exploring these predictions, a series of planned a priori pairwise comparisons were conducted to examine specific contrasts. All visual representations integrated 95% confidence intervals (CIs), offering variability around the mean more accurately and clearly than standard errors and standard deviations (Motulsky, 2010).

4.6. Results.

For behavioral data results, we can observe significant differences in the choice between the four decks ($F(1.76, 65.22) = 5.01, p = .012, \eta_p^2 = .119$); being deck B the most chosen. As shown in Figure 4.2, these differences between decks are observed throughout blocks ($F(6.9, 258.14) = 2.43, p = .02, \eta_p^2 = .062$), but it doesn't show the

typical learning trend seen during the IGT, having more selections from deck B than other decks over block 3.

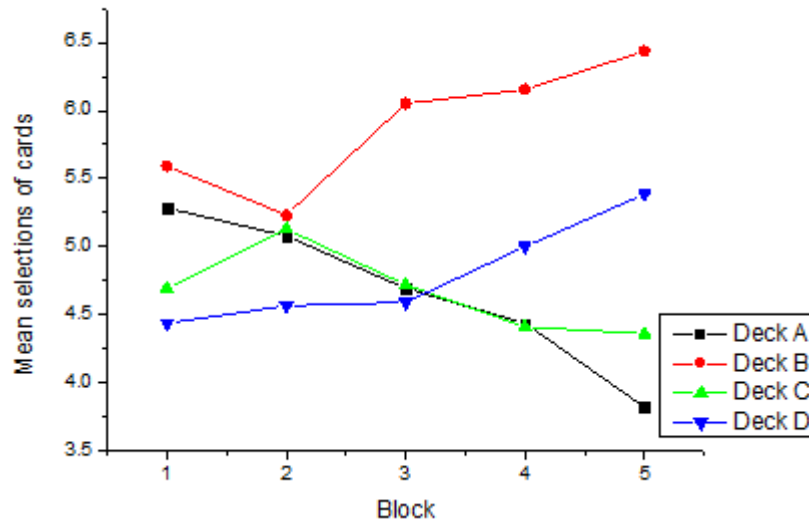


Figure 4.2. The selective pattern of the decks, of both groups, are grouped into five blocks. The number of cards from deck B is significantly larger than other decks over block 3.

The lack of significant main and interaction effects for group type indicated that it had no impact on deck type preference or successive block learning. Both cognitive inflexibility groups preferred high-gain frequency deck B, suggesting that both groups had *Prominent Deck B Phenomenon*. Learning in the IGT is observed above all in the final blocks, but in this case, the effect of greater selection of deck B is observed in these last blocks.

Figure 4.3 shows the results of the answers given by the participants when they were asked at the end of the IGT if they thought one deck was more advantageous than the others and, if they did, they identified it. This figure shows that a large number of participants have mistakenly identified deck B as the most advantageous decks.

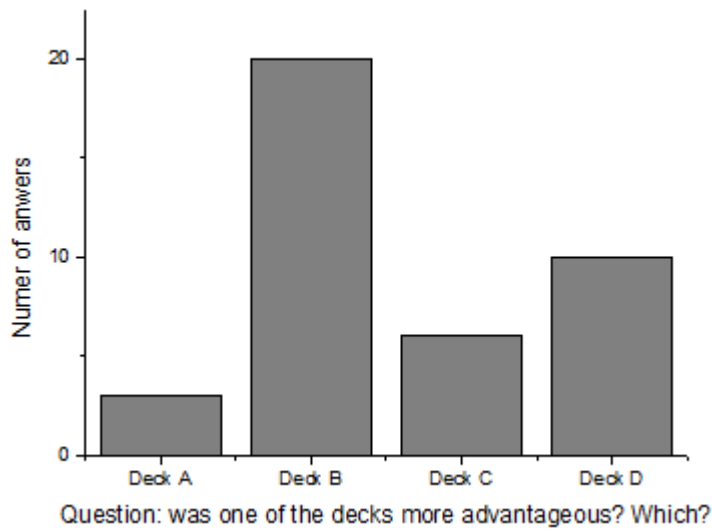


Figure 4.3. *Subjective evaluation question at the end of the IGT: “Do you think there is a deck that is more advantageous than others? If you did, identify it*

For cardiac data (see in Figure 4.4), the significant main effect of Monetary Feedback ($F(1, 38) = 19.498$; $p < .0001$, $\eta_p^2 = .339$) indicated larger cardiac accelerations after wins compared to losses. A significant interaction between Monetary Feedback and Bins across trials was found ($F(2.48, 94.53) = 14.021$, $p < .0001$, $\eta_p^2 = .27$). The non-significant interaction between Cognitive Inflexibility and the Monetary Feedback ($F(1, 38) = 1.84$, $p = .182$, $\eta_p^2 = .046$) indicated that all participants showed larger heart accelerations after monetary gains, reflecting greater sensitivity to rewards.

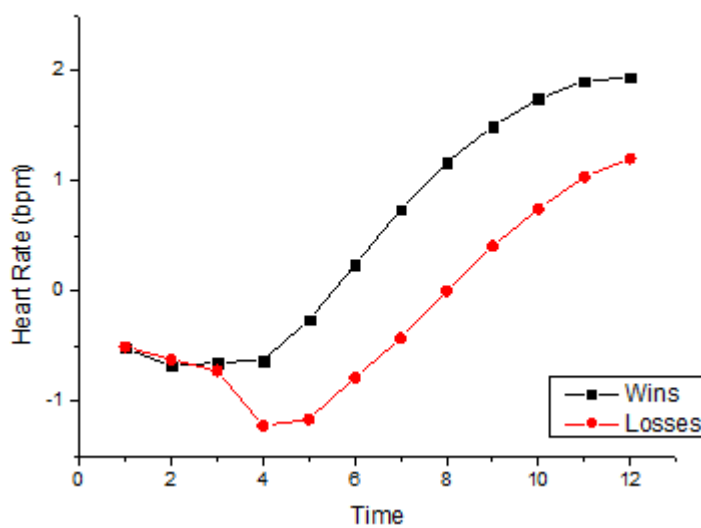


Figure 4.4. *Cardiac data after Monetary Feedback. Greater heart rate (bpm) sensitivity to rewards are found in both groups.*

4.7. Discussion.

This study sought to investigate the performance and physiological reactivity of incarcerated offenders with high cognitive inflexibility during a complex decision-making task. Cognitive inflexibility, marked by the challenge in transitioning to an alternative option when a previously rewarding cue leads to adverse outcomes, constitutes a fundamental facet of behavioral and substance use disorders (Banca et al., 2016; Perandrés-Gómez et al., 2021; Ross & Hoaken, 2011). Contemporary addiction theories underscore cognitive inflexibility as a transdiagnostic impairment affecting higher-order cortical functions (e.g., Parnaud   et al., 2018; Voon et al., 2017). Within the studied inmate population, characterized by drug consumption and violent behavior, addiction emerged as a prevalent concern. Aggressive behaviors were conjectured to potentially emanate from deficient executive functions, particularly an impaired ability to inhibit violent impulses (Blair, 2001; 2016). However, our findings revealed that, irrespective of cognitive inflexibility levels, participants did not acquire the ability to avoid disadvantageous options over time and displayed heightened cardiac reactivity to rewards. Despite the intent of the data to shed light on the potential impact of cognitive inflexibility on decision-making within the IGT, discernible differences between cognitive inflexibility groups were not observed. The lack of demonstrable influence attributed to cognitive inflexibility is conjectured to be linked to the homogeneous nature of the participant cohort, exclusively comprised of incarcerated individuals. Aligning with preceding research (Umbach et al., 2019), offenders demonstrated a proclivity for disadvantageous decks, indicating a prevalent trend within the prison demographic. Noteworthy is the shared preference for disadvantageous decks in both groups characterized by varying levels of cognitive inflexibility, with a specific emphasis on the selection of deck B (cf. Prominent Deck B, Lin et al., 2007, 2012; Visagan et al., 2012).

Concerning the role of sensitivity to reward or punishment in the context of cognitive inflexibility, a neuroimaging study conducted by Gusnard et al. (2003) explored the neural correlates of this cognitive trait, utilizing Cloninger's TCI Persistence Scale (Cloninger et al., 1994) for assessment. Cognitive inflexibility exhibited consistent neural

manifestations, with individuals characterized by high cognitive inflexibility demonstrating heightened activity in specific areas (occipital and medial prefrontal cortices, ventral striatum), while those with low cognitive inflexibility displayed reduced activity in the same regions. This neural circuit is functionally associated with "reward-related activities" and is proposed to "guide behavior based on contextually relevant incentive-based information" (Gusnard et al., 2003). Furthermore, heightened reactivity to rewards is observed not only in individuals with substance abuse issues but also in cohorts displaying aggressive behavior. A body of literature posits a correlation between sensitivity to reward and punishment and aggressive tendencies (Bell & Polaschek, 2017; Bjørnebekk, 2007; Carlson et al., 2013; Groman et al., 2019; Harmon-Jones & Peterson, 2008; Ko et al., 2009; Studer et al., 2016; Voon et al., 2017; Wyckmans et al., 2019). Clinical populations exhibiting violent behavior are often characterized by heightened reactivity to rewards (Bell & Polaschek, 2017; Groman et al., 2019; Ko et al., 2009; Studer et al., 2016; Verdejo-García et al., 2008; Voon et al., 2017; Wyckmans et al., 2019). This heightened sensitivity to rewards aligns with findings in the literature on delayed reward discounting, indicating a reduction in the subjective value of delayed rewards, posing challenges in resisting the allure of immediate rewards (Bari & Robbins, 2013; Bickel et al., 2014; Hamilton & Potenza, 2012; Stevens et al., 2015). The tendency for delayed reward discounting, viewed as an individual trait, has been associated with negative results in addiction treatment and recognized as an endophenotype for a range of psychiatric disorders (Bechara et al., 2019).

Efforts have been undertaken to comprehend the cognitive and emotional processes influencing performance on the IGT. Poor IGT performance, characterized by atypical sensitivity to reward or punishment, aligns with the perspective of sensitivity as a crucial personality trait (McNaughton & Gray, 2000). It is hypothesized that the considerable inter-individual variability in IGT performance among incarcerated offenders' stems from individual differences in reward or punishment sensitivity. All participants exhibited performance deterioration on the IGT, primarily driven by the Prominent Effect of Deck B (Crone et al., 2004; Lin et al., 2007; Visagan et al., 2012). Participants struggled to decrease selections from Deck B over time, particularly in the later phase of the learning process. Despite the negative outcomes associated with Deck B, the high frequency of wins made it challenging for participants to resist, indicating a preference for immediate rewards despite potential long-term consequences. The

preference for Deck B was attributed to the task's reward/punishment schedule, as participants subjectively evaluated the decks at the end of the IGT. Most participants identified Deck B as the most advantageous among the four decks. Contrary to previous arguments, our data suggests that participants failed to learn the monetary gains and losses contingencies of Deck B due to their incorrect perception of it as an advantageous deck (Bechara et al., 2005; Suzuki et al., 2003). The performance observed and post-choice physiology indicate a prioritization of trial-by-trial rewards over short-term strategies, consistent with earlier research findings (e.g., Crone et al., 2004; Rivalan et al., 2009; Werner et al., 2009).

The sensitivity to rewards, as indicated by cardiac reactions to wins in the IGT, revealed that, in accordance with existing literature, monetary gains led to greater cardiac accelerations compared to losses (Crone et al., 2004; Goudriaan et al., 2006; Miu et al., 2008; Studer et al., 2016). This suggests a general sense of pleasure associated with certain IGT signals, assuming motivational significance. While Crone et al. (2004) found a correlation between good performance and heart rate slowing before selections from Bad decks (versus Good decks), recent findings by Hayes et al. (2020) did not support these results. Despite this, slower heart rate before selections from Bad decks has been consistently linked to better IGT performance (Crone et al., 2004). Interestingly, it has been repeatedly observed that monetary gains prompt cardiac accelerations specifically in individuals with good IGT performance (Crone et al., 2004; Goudriaan et al., 2006). However, in our data, physiological responses to deck choices' outcomes did not predict subsequent behavior during repeated decision-making. Despite the occurrence of cardiac acceleration following monetary gains, this response did not correlate with good IGT performance in any of the cognitive inflexibility groups.

The current findings propose that heightened reward sensitivity may predispose individuals, irrespective of their cognitive inflexibility levels, to suboptimal decision-making. The results indicate an elevated reward sensitivity in incarcerated offenders, characterized by increased cardiac responsiveness to rewards and impaired learning performance in the IGT. This heightened reward sensitivity is further evidenced by the preference for deck B, driven by its elevated short-term monetary gains despite concomitant long-term monetary losses, resulting in compromised decision-making. Consequently, the data substantiate both research and clinical viewpoints, emphasizing

the imperative integration of physiological, behavioral, and self-reported indices of psychopathology. This comprehensive approach aims to furnish clinicians and researchers with thorough and reliable reference data (Insel & Cuthbert, 2015). The overarching objective is to discern vulnerable individuals across a spectrum of psychopathologies and tailor treatment interventions based on specific biobehavioral correlates (Kypriotakis et al., 2020).

4.8. Conclusion.

This study explored cognitive inflexibility and reward sensitivity in incarcerated individuals with addictive and criminal behaviors. Surprisingly, cognitive inflexibility did not affect performance, and although participants showed heightened cardiac sensitivity to monetary gains, there was no significant link between this sensitivity and cognitive inflexibility. The findings emphasized that a preference for short-term strategies led to poor decision-making, as seen in the IGT. Overall, integrating physiological, behavioral, and self-report indicators is crucial for a comprehensive understanding of the complex relationship between cognitive inflexibility, reward sensitivity, and decision-making in this population.

CAPÍTULO V. Startle reflex and heart rate modulation in good and bad decision makers in the Iowa Gambling Task

El contenido de este capítulo está siendo revisado para su publicación.

Autores: Azahara Miranda¹⁻², José Luis Mata¹

Faculty of Psychology, University of Granada, Granada, Spain

¹ Co-first authors.

² Corresponding author, Azahara Leonor Miranda, Faculty of Psychology, University of Granada, Campus Universitario Cartuja s/n, 18011 Granada, Spain. Email: azaharamg@ugr.es

5.1. Abstract.

Decision-making is one of the most crucial cognitive processes in daily life. An adaptable, rapid, and flexible decision requires integration between brain and body. Startle reflex and heart rate (HR) indexes this brain-body connection and appear to be related to decision-making. This study investigates the relationship between startle reflex, HR and the decision-making process, assessed through the Iowa Gambling Task (IGT). Forty-seven healthy university students ($M = 20.6$; $SD = 4.0$) from the University of Granada participated in the study. According to IGT performance, they were divided into good decision-makers ($n = 25$) and bad decision-makers ($n = 21$). Startle reflex and HR was measured during visualization IAPS pictures. Results revealed a higher magnitude of the startle reflex in bad decision-makers, suggesting distinctive psychophysiological patterns associated with decision-making abilities. While HR displayed greater deceleration in response to unpleasant pictures, no significant differences were observed between the two decision-maker groups in this regard. These findings contribute to our understanding of the interplay between physiological markers and decision-making, shedding light on the potential significance of psychophysiological responses in discerning decision-making proficiency.

5.2. Introduction.

Decision-making is one of the most crucial cognitive processes in daily life (Fellows, 2004; Gold & Shadlen, 2007). The decision making can be defined as “the ability to select an advantageous response from among an array of available options” (Bechara et al., 1998). The necessity for enabling an adaptable, rapid, and flexible response to a perceived threat (Thayer et al., 2009) requires integration between brain and body. Evidence of these interactions has been reported by different authors (Bechara & Damasio, 2005; Damasio, 1996; Thayer et al., 2009). Specifically, the somatic marker hypothesis (SMH) (Bechara & Damasio, 2005; Damasio, 1996) suggests that emotions facilitate decision making in complex situations and postulates that the decision making is guided by somatic markers, acting as alarms for disadvantageous choices (Damasio, 1994). The SMH also emphasizes the influence of the body response on behavior, highlighting that salient events automatically trigger changes in body states. The integration between visceral autonomic and perceptual information reinforces the representations of those stimuli, modeling behavioral responses. Autonomic responses seem to reflect learning the value of stimuli and the central feedback of body changes that can affect judgment (Bechara et al., 1997). Moreover, decision making is directly related to executive functions, based on a prefrontal-parietal network (Niendam et al., 2012) that partially overlaps with neural circuits associated with HRV and emotion processing (Thayer et al., 2012), and this common cortical-subcortical neural network (Central Autonomous Network (Benarroch, 1993, 1997), can serve as a link between cognitive, emotional, and physiological processes.

The SMH suggests that somatic markers are processed in the ventromedial prefrontal cortex (vmPFC) and the amygdala. The amygdala is a crucial brain region for the generation of somatic states in response to primary inducers (Bechara, 2005) and research has demonstrated its important role in decision making (Bechara et al., 1999; Brand et al., 2007; De Martino et al., 2010; Weller, et al., 2007). In addition, the amygdala plays a role in general processing the impacts the cortical areas it connects to, fostering continuous interaction and feedback between cortical areas, specifically vmPFC (LeDoux, 2000). The vmPFC plays a central role in modulating the ability to make decisions under uncertainty by coupling a specific event with the corresponding visceral state. On the other hand, the Neurovisceral Integration Model (NVM) highlights a key functional network that connects the brain to the heart, influencing emotional, cognitive and autonomic regulation. Known as the Central Autonomic Network (CAN), this

network is composed of various neural structures, including the vmPFC, insular cortex, anterior cingulate gyrus, amygdala, among other structures. Moreover, the prefrontal cortex regulates behavior and self-control, establishing key connections with the amygdala (Lyvers, 2000; Thayer & Friedman, 2002; Thayer & Lane, 2000). On the other hand, Davidson, Putman & Larson (2000) proposed that the mechanism underlying the suppression of negative emotions consists of an inhibitory connection between the prefrontal regions and the amygdala, being a bidirectional connection. This bidirectional interaction allows the amygdala to inform the vmPFC about emotional stimuli, influencing evaluation and decision-making. Simultaneously, the vmPFC regulates amygdala activity, ensuring adaptative and balanced emotional responses. Certainly, in stressful situations, the amygdala facilitates autonomic regulation through deactivation of the prefrontal cortex (LeDoux, 1996). In addition, this reciprocal interaction between the prefrontal cortex and the amygdala is essential in the assessment of rewards and risks. The prefrontal cortex assumes a central role by inhibiting the amygdala during rewarding situations, thereby mitigating excessive emotional reactions. During negative emotions, amygdala activation is often accompanied by reduced activation in the prefrontal cortex (Thayer & Friedman, 2002; Thayer & Lane, 2000; Thayer & Siegle, 2002). Several investigations suggest that the CAN and its projections, along with the “emotion circuit” (Damasio, 1998) and its related systems (Masterman & Cummings, 1997; Spyer, 1989), constitute a unified functional network. This network of structures is believed to play a role in the organization and selection of responses. Moreover, it serves to modulate psychophysiological resources involved in attention and emotion (Friedman & Thayer, 1998; Thayer & Friedman, 1997).

Research has employed several physiological measurements to index the brain–body connection, such as startle reflex, HR and heart rate variability (HRV) (Appelhans & Luecken, 2006; Thayer et al., 2012). Functionally, startle reflex is associated with the activity of the amygdala and HR is associated with the activity of the vmPFC, a fundamental component in the NVM (Thayer et al., 2012). According to NVM and polyvagal theory (Porges, 1995; Thayer & Lane, 2000; Thayer et al., 2009), HRV has been studied, relating HF-HRV to prefrontal cortex inhibitory effects (linked to cognitive performance), being other psychophysiological variables less studied. Following the paradigm of IAPS affective pictures (IAPS; Lang, Bradley & Cuthbert, 1999; Moltó et al., 1999), startle reflex is triggered by an abrupt and loud noise (Grillon, 2002), is

recorded through electromyography of the orbicularis muscle. This reflex has shown to be a reliable indicator of the valence of the emotional response (Bradley & Lang, 2007; Gantiva, Guerra & Vila, 2014); showing a linear trend between pleasant, neutral and unpleasant valence categories (Bradley et al., 2006, Bradley et al., 2001; Bradley & Lang, 2000; Cuthbert, Bradley & Lang, 1996; Grillon & Baas, 2003). In healthy participants, the magnitude of the startle reflex attenuates during pleasant stimuli, increases during unpleasant stimuli (see Motivational Priming theory, Lang, 1995; Lang, Bradley & Cuthbert, 1990). On the other hand, HR presents a triphasic cardiac pattern: deceleration-acceleration-deceleration (Cook & Turpin, 1997; Lang, Bradley & Cuthbert, 1997). In fact, a faster HR has been associated with heightened sympathetic arousal, while HR deceleration has been associated with parasympathetic responses (Bradley, 2009; Bradley & Lang, 2007, Löw et al., 2008). Pleasant pictures show, after an initial deceleration, a brief acceleration of the HR (Bradley & Lang, 2000; Vico et al., 2010). At the same time, negative pictures also elicit greater initial HR deceleration than positive or neutral pictures (Lang et al., 1993; Libby, Lacey & Lacey, 1973).

In line with the objective of the SMH (Damasio, 1994) and the NVM to account for the complex interaction between physiological, affective, and cognitive processes (Thayer & Lane, 2000; Thayer et al., 2009), we aimed to investigate the association between startle reflex and HR during the emotional modulation paradigm (Lang, Bradley & Cuthbert, 1999) and decision making. Decision making was measured through the IGT (Bechara et al., 1994, 2000; Bechara, 2007), which was designed to stimulate real-life decision in terms of uncertainty of outcomes and variable reward and punishment (Bechara et al., 1996, 1999). In this study, participants engaged in a computerized version of the IGT (Bechara et al., 1994). Over 100 trials, they aimed to maximize monetary gains by selecting cards from four decks (A-D) with varying win and loss outcomes. Decks A and B offered significant wins but greater losses (disadvantageous), while decks C and D provided smaller wins but resulted in larger overall gains in the long term (advantageous). Healthy bad participants learn over trials to avoid the decks that are disadvantageous overall (A and B), as they yield overall monetary loss, and prefer the advantageous decks (C and D) which yield monetary gain.

This study aims to explore the relationship between the startle reflex, HR, and the decision-making process. Decision-making was assessed using the IGT (Bechara et al., 1994), allowing for the classification of participants into two groups based on their performance (good and bad decision-makers). Subsequently, examining whether there are

differences in the modulation of the startle reflex and HR between both groups. According to SMH and NVM, we expected that the good decision-makers would show greater activation of the prefrontal, with its corresponding inhibition to the amygdala (i.e. lower magnitude of the startle reflex and lower deceleration in HR in response to unpleasant pictures). Regarding bad decision-makers, a lower activation of the prefrontal, and the consequent lower inhibition of the amygdala (i.e. higher magnitude of the startle reflex and higher deceleration in heart response to unpleasant pictures) is expected. Emphasizing the significance of exploring the connection between decision-making and emotional modulation, this study provides a comprehensive understanding of the bidirectional interaction, elucidating the intricate dynamics between cognitive and emotional capacities.

5.3. Materials and methods.

5.3.1. Participants.

The participants were 47 students (13 men) from the University of Granada, ranging in age from 18 to 37 years ($M = 20.6$; $SD = 4.0$), and were divided according to their IGT performance (through the medians of the IGT net scores): good IGT' performers ($M = 59.68$, $SD = 15.45$, $n = 25$) and bad IGT' performers ($M = 46.48$; $SD = 14.79$; $n = 21$). The IGT performance and the calculation of the net score were analyzed in accordance with established procedures (Bechara et al., 1999; Bull et al., 2015; Steingroever et al., 2013). The formula utilized for this calculation is expressed as follows: $((C + D) - (A + B)) / 100$. They participated for course credits, and alternatives were provided for those unable or unwilling to participate. Participants were included only if they did not suffer from physical or psychiatric disorders and did not use any psychoactive drugs. The data collection experimenter was independent of the teaching staff. Participant selection was based on a blinded procedure, identifying individuals with extreme performance scores using random digits instead of full names. Because of equipment failures and/or excessive artifacts, the final sample size was 41 for startle reflex data. Using G* Power for ANOVA designs (Faul et al., 2007) and including one 2-level within variable and one 2-level between variable, we set error probability (α) at .05 and statistical power ($1-\beta$) at 0.8. Applying these parameters, the current sample size ($n = 47$) was deemed sufficient to detect small effects (partial $\eta^2 = .5$). All participants provided written informed consent. The UGR Ethical Committee approved the

experimental protocol (IRB·#2994/CEIH/2022), that complied with the APA ethical standards and the Declaration of Helsinki.

5.3.2. Materials and design.

Forty-two pictures were selected from the International Affective Picture System (IAPS; Moltó et al., 1999) depicting people either in neutral (e.g. non-emotional situations), pleasant (e.g., erotica) or unpleasant situations (e.g. mutilation). IAPS numbers of the pictures used in the current study are: Pleasant, 4607, 4608, 4651, 4652, 4658, 4659, 4664, 4670, 4680, 4687, 4800, 4810; Neutral, 2190, 2214, 2230, 2372, 2383, 2440, 2480, 2485, 2495, 2514, 2840, 7550; Unpleasant, 3000, 3010, 3030, 3051, 3053, 3071, 3100, 3110, 3150, 3168, 3170, 3400. Categories differed in terms of normative valence, and arousal ratings (pleasant; $M = 7.08$ and 5.73 , unpleasant; $M = 1.91$ and 6.03 and neutral $M = 5.28$ and 2.84).

The IAPS pictures (640 X 480 pixels) were fleetingly presented for 6 s (see Figure 5.1). Pictures were presented on a 22-inch monitor located 0.5 m in front of the participants. Pictures were equivalent in brightness, contrast, and mean spatial frequency in each category. The presentation order of the affective blocks was counterbalanced using three different sequences, ensuring an equitable and systematic distribution of experimental conditions.

Startle responses were provoked by 105dB, 50 ms white noise with instantaneous rise time, recorded in a wav file and amplified with Stage Line 2000 amplifier and presented through AKG K240 headphones. Probes were delivered 3s, 3.5s, 4s, 4.5s, 5 s, 5.5s after picture onset in 42 trials. The stimulus sequence and stimulus timing were controlled by EPRIME 2.0 software (Pinker, 2015) run on a second PC which also generated stimulus markers that were collected by the Biopac unit.

5.3.3. Physiological Recording and Data Reduction.

EMG was recorded with two miniature Ag/AgCl electrodes filled with standard electrode gel and attached to the skin overlaying the muscle under the left eye. One electrode was attached underneath the pupil and the second about 1cm lateral towards the outer cantus of the eye. EMG was amplified with an EMG100C amplifier with a gain of 500 and a band pass filter with a low cut off of 10Hz and a high cut off of 500Hz.

The ECG, recorded via Ag/AgCl electrodes attached in an Einthoven lead II configuration (right mid-clavicle, left ankle and right ankle, ground), was continuously

monitored during a 5-min pre-task rest (baseline), and during the visualization of IAPS affective pictures. ECG activity was digitalized at a 1,000 Hz sampling rate using the Biopac MP 100 device (Biopac Systems, Inc., Goleta, CA, USA). Automatic R-wave detection and artifact correction were performed with ECGlab Matlab software (Carvalho et al., 2002) before the extraction of HR values. Mean HR was calculated across baseline and the IGT using KARDIA Matlab software (Perakakis et al., 2010) and custom Matlab scripts (Matlab 2013a; MathWorks Inc., Natick, MA, USA).

All physiological signals were collected with a sampling frequency of 1000Hz using AcqKnowledge 3.9 data acquisition software.

5.4. Procedure.

After completing the informed consent (1) participants performed the Iowa Gambling Task (Bechara et al., 1994). At the end of the task, participants were asked if they thought one deck was more advantageous than the others and, if they did, they identified it. (2) Subsequently, the participant was seated in lab, and sensors for physiological recording were attached. During the session, the subject was instructed that a series of pictures would be presented, and that each picture should be viewed the entire time it was on the screen. In each trial, a baseline of 3s was recorded, followed by the picture that appeared on the screen during 6s, where the startle noise was presented at different intervals (3s, 3.5s, 4s, 4.5s, 5s, 5.5s), finally followed by an intertrial interval between 2.5s and 5s). Once the task was finished, participants evaluated the pictures, using the Self-Assessment- Manikin scale (Moltó et al., 1999), in the dimensions of valence, arousal and dominance. Finally, participants were then debriefed and thanked for their participation.

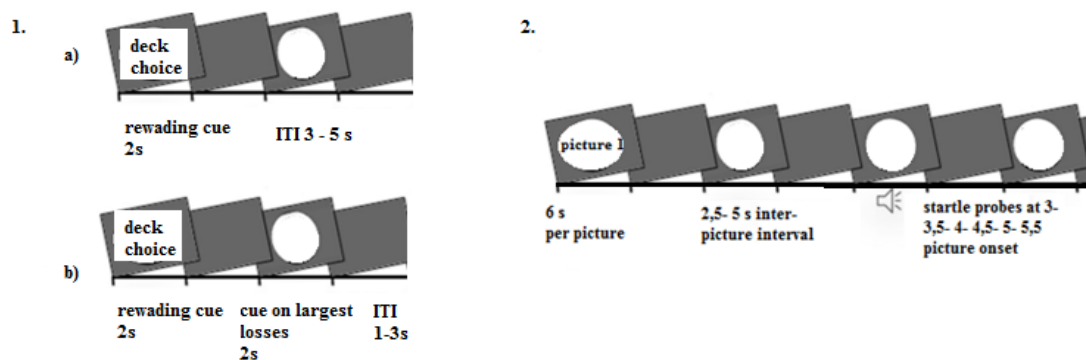


Figure 5.1. Schematic illustration of the experimental procedure. 1) *IGT procedure.* Each trial began with all decks displayed on the screen. Immediately after the participant's choice (left mouse button), if the deck was associated with monetary losses, gains were displayed for 2 s followed by larger losses, shown for 2 s and a variable (1–3 s) intertrial interval (ITI). However, if the deck was associated with monetary gains, these were displayed for 2 s and immediately followed by a 3–5 s ITI. To provide constant feedback, cumulative gains were always in view. 2) *For each trial, IAPS pictures were presented (42 trials: 14 pleasant, 14 neutral and 14 unpleasant pictures) and startle probes were presented in 27 picture trials*

5.5. Data analysis.

IGT Behavioral data.

For behavioral data analysis, the traditional method of analysis was obtained to measure the performance in the IGT, which measures the learning curve of the four decks and during the 5 blocks (twenty trials per block); indexed by the number of advantageous/disadvantageous choices across blocks (e.g., Crone et al., 2004). Following the professional criteria in the published manual (Bechara, 2007) and criteria based on basic assumptions (Bechara et al., 1994) to categorize the performance of healthy subjects and label good IGT performers and bad decision makers.

Self-report data: SAM.

To evaluate SAM Scales, a 2(X3) mixed factor analysis of variance was performed, with group factor (good and bad IGT performers) and the factor Picture Categories (pleasant, neutral, unpleasant).

Orbicularis electromyography (EMG).

To assess startle reflex, 3(X2) repeated measures ANOVA was performed, including the factor Picture Categories (pleasant, neutral, unpleasant) and Groups (good and bad IGT performers). Independent samples t-test between picture's categories in IGT performance groups were also performed.

Heart rate (HR).

To examine HR change scores were performed 2(X3X12) repeated measures ANOVA, including Groups (IGT performance groups), the factor Picture Categories (pleasant, neutral, unpleasant) and period time (12 half seconds), and all the trials were included in the mean calculation.

All statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics 24 (IBM Corp., 2016). The level of significance was set at .05; Greenhouse-Geisser adjustment was applied as necessary, and partial η^2 was used as a measure of effect size. All graphs include 95% CIs to show the variability around the mean.

5.6. Results.

Subjective rating data

Table 5.1 shows the results of the subjective evaluation of the IAPS pictures evidencing significant differences in valence ($F(2, 90) = 250.27, p < .001, \eta_p^2 = .85$). Pleasant pictures were rated most pleasant; followed by neutral pictures and lower valence for unpleasant pictures. In arousal category, significant differences were also found ($F(2, 90) = 53.3, p < .001, \eta_p^2 = .54$) with higher scores for pleasant and unpleasant than neutral pictures. Finally, in dominance category significant differences are found ($F(2, 90) = 36.85, p < .001, \eta_p^2 = .45$) with higher scores in pleasant and neutral categories.

	Valencia		Arousal		Dominance	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Pleasant	7.20	1.32	5.12	2.16	5.31	1.18
Unpleasant	1.94	1.07	4.79	2.17	3.93	1.71
Neutral	5.19	0.73	3.32	1.39	5.12	1.22

Table 5.1. Subjective rating data. *In valence all $ps < .001$; in arousal $ps < .001$ between pleasant/unpleasant and neutral; in dominance $ps < .001$ between pleasant and unpleasant, and unpleasant and neutral.*

Startle reflex

Blink magnitude differed significantly across the three picture categories ($F(2, 78) = 27.64, p < .001, \eta_p^2 = .415$), with largest responses during unpleasant pictures and smallest during pleasant pictures ($p < .001$), and intermediate responses for neutral pictures. The picture Categories X Groups interaction were significant ($F(1.9, 77.64) = 4.407, p < .05$), showing a greater magnitude bad IGT performers in neutral ($F(1, 40) = 6.67, p < .05$) and unpleasant ($F(1, 40) = 7.119, p < .05$) picture categories (see Figure 5.2).

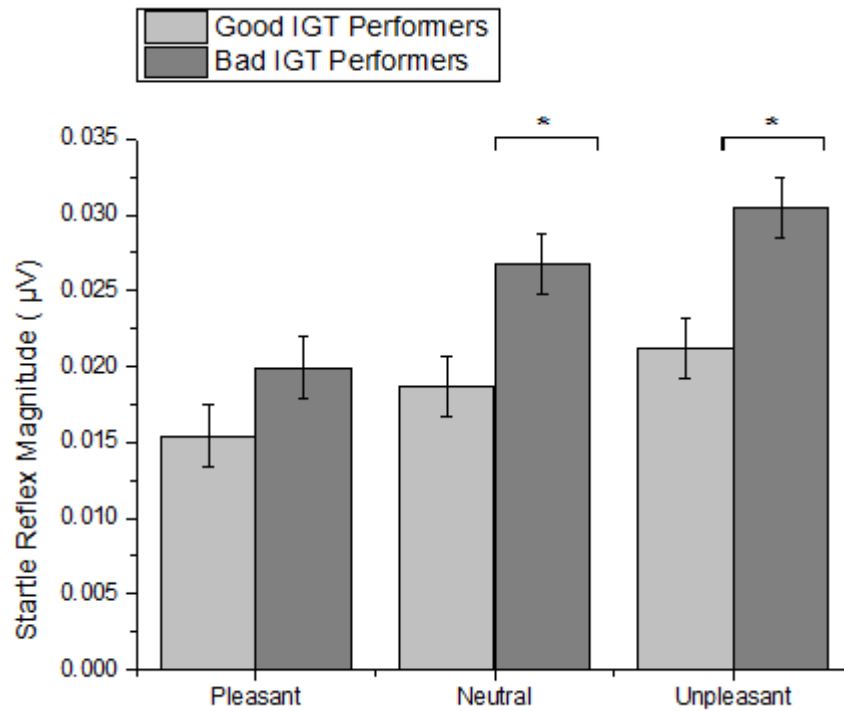


Figure 5.2. Startle reflex data. Figure 5.2 illustrates notable differences in the magnitude of the startle reflex among affective picture categories. Additionally, it highlights a significant interaction in startle reflex magnitude between affective picture categories and IGT performance groups.

Note: Error bands represents standard errors. * $p < .05$.

Figure 5.3 shows that IGT performance groups differ in average startle blink response ($F(1, 39) = 6.064$ $p < .05$, $\eta_p^2 = .135$), where bad IGT' performers participants showed a greater magnitude compared to good performers in the IGT.

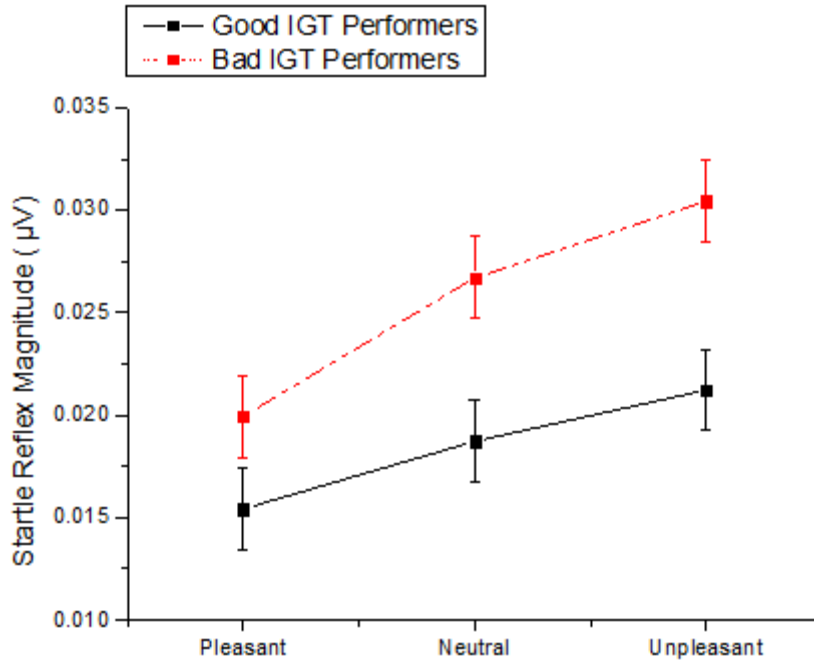


Figure 5.3. Comparison of startle reflex data between IGT performance groups. In figure 5.3 bad IGT performers displayed a higher startle reflex response magnitude compared to good performers in IGT performance groups.

Heart rate

HR changed significantly over the 6 s of the picture viewing interval, period ($F(6.64, 11.70) = 7.28, p < .001, \eta_p^2 = .139$) showing a classic triphasic waveform that varied significantly over picture category ($F(1.651, 74.30) = 5.778, p < .05, \eta_p^2 = .114$). Post hoc tests of the linear trend over picture category were significant for all interval half-second periods (see Table 5.2).

Period	F	Sig.	η^2
1	$F(1.95, 88.12) = 3.75$	$p < .05$	$\eta_p^2 = .077$
2	$F(1.98, 89.52) = 6.19$	$p < .05$	$\eta_p^2 = .121$
3	$F(1.93, 86.95) = 3.22$	$p < .05$	$\eta_p^2 = .067$
4	$F(1.98, 89.16) = 4.27$	$p < .05$	$\eta_p^2 = .087$
5	$F(1.92, 86.43) = 5.92$	$p < .05$	$\eta_p^2 = .116$
6	$F(1.78, 80.27) = 7.4$	$p < .05$	$\eta_p^2 = .141$
7	$F(1.84, 82.98) = 7.98$	$p < .05$	$\eta_p^2 = .151$
8	$F(1.64, 73.89) = 7.22$	$p < .05$	$\eta_p^2 = .138$

9	$F(1.73, 78.05) = 6.32$	$p < .05$	$\eta_p^2 = .123$
10	$F(1.51, 67.94) = 8.11$	$p < .05$	$\eta_p^2 = .153$
11	$F(1.59, 71.69) = 6.78$	$p < .05$	$\eta_p^2 = .131$
12	$F(1.85, 83.54) = 5.21$	$p < .05$	$\eta_p^2 = .104$

Table 5.2. Heart rate in picture affective categories during half-second intervals.
There were significant differences between picture categories in all half-second periods (all $ps < .05$).

Unpleasant pictures generated a greater initial decelerations in HR compared to pleasant pictures ($p < .001$) and neutral pictures ($p < .05$) (Figure 5.4). In addition, HR response showed a greater magnitude to pleasant and unpleasant pictures in bad IGT performers, although these differences between IGT performances were not significant.

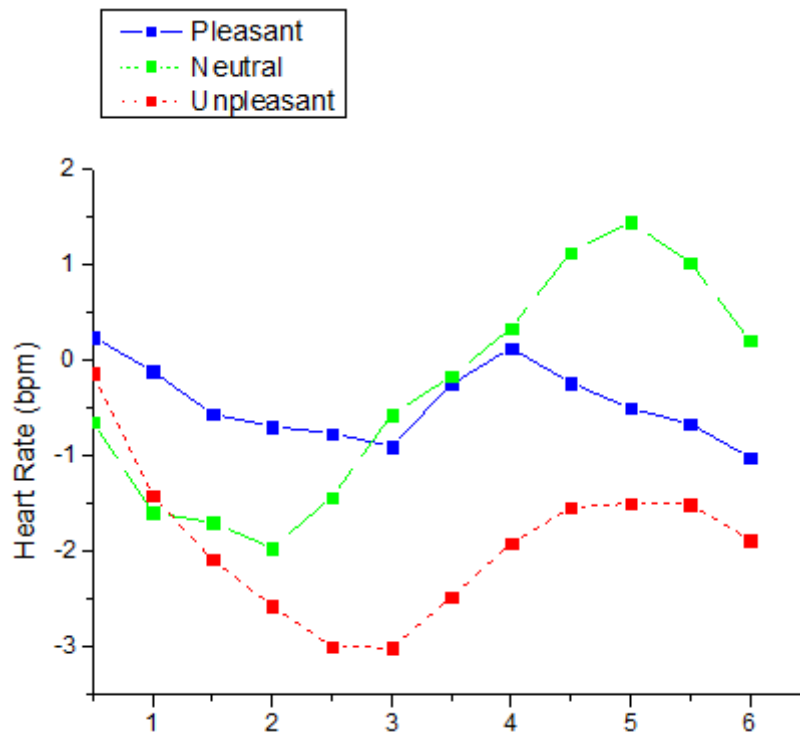


Figure 5.4. HR data in good and bad IGT performers.

5.7. Discussion.

The primary aim of this study is to explore the intricate relationship among the startle reflex, HR, and the decision-making process. Our research goal, as inspired by other investigations (e.g., Bechara et al., 1994; Bowman et al., 2005; Damasio et al., 1996; Manes et al., 2002; Peatfield et al., 2012; Rogers et al., 1999; Turnbull et al., 2003), is centered on investigating the cognitive and emotional underpinnings of complex

decision-making. Decision-making was assessed using the IGT, grouping participants according to their performance/learning in the IGT. Notably, this study represents a groundbreaking exploration of emotional modulation, utilizing a subject sample specifically chosen according to their scores on the IGT. In analyzing the pattern of the startle reflex, our findings align with existing literature, where potentiation of the startle reflex before exposure to unpleasant stimuli is attributed to the congruence between the valence of the sound stimulus eliciting the reflex and the observed stimulus (i.e., both being aversive). This methodology serves as an objective indicator of affective responses across various stimuli types (e.g., Duval et al., 2013; Muñoz et al., 2011) and diverse populations (Grillon & Baas, 2003). Consistent with most studies utilizing the affect-modulated startle reflex paradigm in nonclinical individuals, our results reveal that startle magnitudes are lowest during exposure to pleasant pictures and highest during exposure to unpleasant pictures (Cuthbert et al., 1996; Kaviani et al., 2004; Vrana et al., 1988). Our study confirms this pattern in the modulation of the startle reflex across all participants. Notably, we observed significant differences in startle reflex magnitudes between IGT performance groups, indicating that nonclinical individuals with good IGT performance exhibit lower startle reflex magnitudes.

Turning to the HR response, our research replicates the cardiac response to pictures presented for 500 ms as observed in other studies (Codispoti et al., 2001; Ruiz Padial et al., 2011). In line with existing literature, HR magnitudes during exposure to unpleasant pictures exhibit cardiac deceleration. This HR deceleration preceding emotional stimuli is under vagal parasympathetic innervation through cholinergic receptors of the heart (Lang et al., 2013). Consequently, the pronounced HR deceleration serves as a physiological indicator of an attentional response towards affective stimuli, as observed in various studies (Bradley, 2009; Bradley et al., 2001), involving the activation of the appetitive or defensive motivational system. This activation leads to a transition from an initial phase of attention to a subsequent phase of action (Bradley & Lang, 2007). Interestingly, highly pleasant or unpleasant stimuli are associated with a more substantial HR response slowdown. However, unlike the startle reflex, no significant differences were identified between IGT performance groups in the HR response.

The observed outcomes in the modulation of psychophysiological variables, particularly the diminished magnitude in the startle reflex among nonclinical individuals

with good IGT performance, may be elucidated by an inhibitory mechanism (see SMH; Bechara et al., 2000; Damasio, 1989, 1994; Damasio et al., 1991; Thayer's Neurovisceral Model; Thayer et al., 2009; Thayer & Lane, 2000) that the prefrontal exerts on the amygdala in the decision-making process. However, this inhibitory mechanism does not seem to have a commensurate impact on HR. The prefrontal cortex and the amygdala engage in a bidirectional interplay, characterized by reciprocal communication and modulation, which plays a crucial role in regulating emotional reactivity, decision-making, and behavioral flexibility. When assessing potential rewards and punishments, the prefrontal cortex plays a crucial role in evaluating the associated benefits and risks. In instances where rewards are present, the prefrontal cortex can effectively modulate the amygdala's activity, preventing an excessive emotional response and fostering more rational decision-making processes. The SMH suggests that the vmPFC, through somatic markers, exerts inhibitory control over the amygdala, dampening its emotional responses and facilitating more informed decision-making. This inhibition is facilitated by neural connections and feedback pathways between the vmPFC and the amygdala. The NVM, on the other hand, focuses on the role of the vmPFC in regulating autonomic responses, such as HR and blood pressure. The vmPFC modulates these responses in response to emotional stimuli, allowing for a more adaptive and balanced emotional response. Concluding, both the SMH and the NVM highlight the importance of the interaction of the vmPFC amygdala in the regulation of decision-making and emotional processing.

Therefore, in the context of decision-making and its underlying mechanisms, the proposed inhibitory association between the vmPFC and the amygdala, as delineated by the SMH and the NVM, involves the modulation of decision-making by restraining amygdala activity through increased activation of the vmPFC. Consequently, this inhibition of the amygdala manifests as a reduced magnitude of the startle reflex and a lesser deceleration in HR when exposed to unpleasant stimuli. In good IGT performers, we observe higher vmPFC activation and consequently, greater inhibition of the amygdala. This is associated with better IGT performance (indicating more informed decision-making) and a lower magnitude of defensive reflexes in response to emotional stimuli. In contrast, bad IGT performers exhibit lower vmPFC activation, resulting in weaker inhibition of the amygdala. This lack of inhibition leads to poorer IGT performance and a heightened magnitude of defensive reflexes in response to emotional stimuli.

Exploring further explanations for the observed variation in startle reflex between IGT performance groups, another plausible explanation for the difference in startle reflex between IGT performance groups lies in the concept of Motivational Priming theory (Lang, 1995; Lang, Bradley & Cuthbert, 1990). According to this theory, individuals who experience positive emotions tend to exhibit a reduced startle reflex in response to aversive stimuli. In the present study, good IGT performers, who presumably felt happier due to their successful task performance, might have perceived IAPS affective pictures more positively. This positive emotional state could have further lowered their startle reflex response, aligning with the findings of previous studies using the IAPS (Lang, Bradley & Cuthbert, 1999; Moltó et al., 1999). The subjective evaluations using the Self-Assessment Manikin (SAM) further support this notion. SAM measures emotional arousal and valence, and higher SAM ratings for positive emotions, such as happiness and pleasantness, are associated with reduced startle reflex responses (Lang, 1980; Lang, Bradley & Cuthbert, 2005).

The limitations of this study stem from the complexity arising from the novel integration of the IGT and the emotional modulation paradigm of defensive reflexes within a single study. This pioneering approach, which concurrently combines both methodologies, marks this study as a trailblazer in the field. The distinctive methodology follows a two-step process: participants initially undergo the IGT to evaluate decision-making ability and are subsequently categorized into two groups based on their IGT performance scores. Following this, participants participate in an emotional modulation task, enabling a focused exploration of the intricate interplay between decision-making processes and emotional responses. Despite its innovation, this study has limitations. The small sample size suggests the need for a larger and more diverse participant pool for robust conclusions. Excluding participants with extreme IGT scores narrows the study's scope, and a more inclusive approach could enhance understanding of the relationship between psychophysiological variables and decision-making proficiency. The combined methodologies introduce complexity, making it challenging to distinguish the specific contributions of cognitive and emotional factors to decision-making. Limited prior studies using this combined approach mean there's scant benchmarking or established frameworks for comparison. Future research can refine methodologies and address these limitations, contributing to a better understanding of the relationship between decision-making and emotional processing.

5.8. Conclusion.

In summary, the modulation of the startle reflex and HR responses in the context of emotional stimuli accentuates the nuanced correlation between emotional processing and decision-making. Importantly, our research establishes that suboptimal performance on the IGT is linked to discernible psychophysiological reflex patterns, particularly heightened startle reflex responses, even within a non-psychopathological sample. This results obtained could be supported by both the SMH and the NVM, underlining the inhibitory dynamics between the vmPFC and the amygdala. Noteworthy variations in vmPFC activation and amygdala inhibition were discerned, aligning with the distinct performance levels observed in individuals categorized as good and bad IGT performers. This not only expands our understanding of decision-making impairments but also provides valuable insights into the physiological correlates associated with suboptimal decision performance in non-clinical populations.

CAPÍTULO VI. Startle reflex and heart rate modulation in incarcerated offenders who are good and bad decision makers in the Iowa Gambling Task.

El contenido de este capítulo está siendo revisado para su publicación.

Autores: Azahara Miranda¹⁻², José Luis Mata¹

Faculty of Psychology, University of Granada, Granada, Spain

¹ Co-first authors.

² Corresponding author, Azahara Leonor Miranda, Faculty of Psychology, University of Granada, Campus Universitario Cartuja s/n, 18011 Granada, Spain. Email: azaharamg@ugr.es

6.1. Abstract.

Decision-making necessitates the seamless integration of mind and body. The connection between the brain and body, as indicated by the startle reflex and heart rate (HR), is associated with this cognitive function. This study investigates the link between the startle reflex, HR, and decision-making, using the Iowa Gambling Task (IGT) for assessment. Fifty incarcerated individuals ($M = 36.6$; $SD = 8.34$) from Albolote Penitentiary Center participated in the study. According to IGT performance, they were divided into good decision-makers ($n = 21$) and bad decision-makers ($n = 29$). Startle reflex and HR was measured during visualization IAPS pictures. Results showed, despite a larger trend observed in the startle reflex in bad decision-makers, no significant differences in the magnitude of the startle reflex between groups. While HR displayed greater deceleration in response to unpleasant pictures, no significant differences were observed between the two decision-maker groups in this regard. The results, although without significant effects, offer insight into the link between physiological markers and decision-making capacity through the psychophysiological response.

6.2. Introduction.

From a neuroscientific standpoint, decision-making involves a methodical assessment of information, a deliberate consideration of alternatives, and the execution

of a choice. This process engages cognitive faculties, including memory and attention, to discern the most advantageous option within a given context (Stanovich & West, 2000). Decision-making, in essence, can be defined as "the capacity to select a beneficial response from a spectrum of available choices" (Bechara et al., 1998). The imperative of enabling an adaptive, rapid, and flexible response to a perceived threat (Thayer et al., 2009) underscores the necessity for seamless integration between neural and physiological processes bridging the brain and the body. Various authors have presented evidence of these interactions (Bechara & Damasio, 2005; Damasio, 1996; Thayer et al., 2009). More specifically, the somatic marker hypothesis (SMH) (Bechara & Damasio, 2005; Damasio, 1996) suggests that decision-making is guided by somatic markers, which act as alerts for disadvantageous choices (Damasio, 1994). The SMH underscores the impact of bodily responses on behavior, emphasizing that significant events automatically induce changes in physiological states. Autonomic responses appear to encode the acquired value of stimuli, offering central feedback on bodily changes that potentially influence judgment (Bechara et al., 1997). The SMH provides a neuroanatomical framework for understanding how emotions influence decision-making (Bechara, 2005). In this framework, somatic markers are processed in both the ventromedial prefrontal cortex (vmPFC) and the amygdala. According to the theory, the amygdala mediates somatic markers in response to primary emotions, while the vmPFC functions as a monitor that regulates amygdala activity. The amygdala, essential in generating somatic states in response to primary stimuli, has been extensively studied, highlighting its crucial role in decision-making (Bechara, 2005; Bechara et al., 1999; Brand et al., 2007; De Martino et al., 2010; Weller et al., 2007). Furthermore, the amygdala plays a pivotal role in overall processing that influences the connected cortical areas, fostering continuous interaction and feedback between these cortical regions, particularly with the vmPFC (LeDoux, 2000). Emphasizing the significance of areas such as the prefrontal cortex (Rangel et al., 2008), the vmPFC centrally modulates the ability to make decisions in uncertain situations by associating a specific event with the corresponding visceral state. Indeed, the vmPFC impacts at least three primary behavioral domains: the reward-based decision-making process, the regulation of emotions with negative valence, and the mediation of somatic markers in response to primary emotions, involving the participation of the amygdala. The vmPFC inhibits the amygdala, diminishing the reaction to a stressor or stressful event and limiting excessive emotional

reactivity. Consequently, heightened vmPFC activity implies greater conscious effort and inhibited amygdala activity (Kim et al., 2011).

Furthermore, decision making is closely related to executive functions. The Neurovisceral Integration Model (NVM) (Thayer & Lane, 2000; Thayer & Siegel, 2002), underscores a shared cortical-subcortical neural network, recognized as the Central Autonomous Network (CAN, Benarroch, 1993; 1997), acts as a link that unites cognitive, emotional and physiological processes. The CAN encompasses various neural structures including the vmPFC, insular cortex, anterior cingulate gyrus, amygdala, and others. The inhibitory function of the prefrontal cortex on subcortical structures is highlighted particularly with neuronal interconnections, and the prefrontal cortex is postulated as a mediator of executive functions such as behavioral autonomy and self-control. Additionally, the prefrontal cortex plays a role in regulating behavior and self-control, establishing crucial connections with the amygdala (Lyvers, 2000; Thayer & Friedman, 2002; Thayer & Lane, 2000). Davidson, Putman, and Larson (2000) proposed a mechanism involving inhibitory connections between prefrontal regions and the amygdala to suppress negative emotions. This bidirectional connection allows the amygdala to transmit emotional stimuli to the vmPFC, influencing evaluation and decision-making. Concurrently, the vmPFC regulates amygdala activity, ensuring adaptive modulation of emotionally charged responses. In stress contexts, the amygdala induces vmPFC deactivation, as suggested by LeDoux (1996), facilitating autonomic regulation. The interplay between the prefrontal cortex and the amygdala is essential for balanced assessments of rewards and risks, with the prefrontal cortex inhibiting amygdala activation in rewarding situations to moderate emotional reactivity. Negative emotions often lead to amygdala activation accompanied by reduced prefrontal cortex activation (Thayer & Friedman, 2002; Thayer & Lane, 2000; Thayer & Siegle, 2002). Numerous studies highlight the integrated functional network of the CAN and its connections, aligning with Damasio's (1998) "emotional circuit" and related systems (Masterman & Cummings, 1997; Spyer, 1989).

Investigations had utilized various physiological measurements to assess the connection between the brain and body, including the startle reflex, HR, and heart rate variability (HRV) (Appelhans & Luecken, 2006; Thayer et al., 2012). Functionally, the startle reflex is linked to amygdala activity, while HR is associated with vmPFC, a crucial component in the NVM (Thayer et al., 2012). For the NVM and polyvagal theory (Porges,

1995; Thayer & Lane, 2000; Thayer et al., 2009), HRV has been extensively studied, associating it with inhibitory effects on the prefrontal cortex, which, in turn, are linked to cognitive performance. However, other psychophysiological variables have received less attention in research; hence, the incorporation of additional psychophysiological variables in this study. Utilizing the IAPS affective pictures paradigm (IAPS; Lang, Bradley & Cuthbert, 1999; Moltó et al., 1999), the startle reflex is triggered by a sudden, loud noise (Grillon, 2002) and is recorded via electromyography of the orbicularis muscle. Demonstrated to be a reliable indicator of the valence of emotional responses (Bradley & Lang, 2007; Gantiva, Guerra & Vila, 2014), the startle reflex shows a linear trend across pleasant, neutral, and unpleasant valence categories (Bradley et al., 2001; Bradley et al., 2006; Bradley & Lang, 2000; Cuthbert, Bradley & Lang, 1996; Grillon & Baas, 2003). In healthy participants, the startle reflex magnitude tends to decrease in response to pleasant stimuli and increase during unpleasant stimuli, as proposed by the Motivational Priming theory (Lang, Bradley & Cuthbert, 1990; Lang, 1995). Furthermore, the startle reflex has also been studied as a psychophysiological marker of psychopathic personality (Buckels et al., 2023; Oskarsson et al., 2021; Vaidyanathan et al., 2011), and in multitude of psychological disorders (Brockmeyer et al., 2019; Hantsoo et al., 2018; Morales-Muñoz et al., 2017). On the other hand, HR exhibits a triphasic cardiac pattern—deceleration, acceleration, and deceleration (Cook & Turpin, 1997; Lang, Bradley & Cuthbert, 1997). A faster HR is associated with heightened sympathetic arousal, while HR deceleration is indicative of parasympathetic responses (Bradley & Lang, 2007; Bradley, 2009; Löw et al., 2008). Pleasant pictures typically show an initial deceleration followed by a brief acceleration of the HR (Bradley & Lang, 2000; Vico et al., 2010). Conversely, negative pictures evoke a more pronounced initial HR deceleration compared to positive or neutral pictures (Lang et al., 1993; Libby, Lacey & Lacey, 1973).

Regarding the emotional modulation of psychophysiological variables in prisoners, there is an extensive body of literature from the perspective of psychopathy (Baskin-Sommers et al., 2013; Benning et al., 2005; Herpertz et al., 2001; Levenston et al., 2000; Sutton et al., 2002). The research begins with the hypothesis that emotional reactivity is impaired in individuals with psychopathy, extending its investigation to Spanish inmates (Pastor et al., 2003). Psychopathic inmates exhibit inhibition of the startle reflex during both pleasant and unpleasant pictures (Levenston et al., 2000; Pastor et al., 2003; Patrick et al., 1993; Sutton et al., 2002). Moreover, they also display

inadequate potentiation of the startle reflex during imminent aversive noise signals compared to non-psychopathic inmates (Patrick, 1994). Other studies have found that the startle response was potentiated for unpleasant pictures and inhibited to pleasant pictures (Herpertz et al., 2001). Concerning HR in prisoners, psychopaths also exhibited a higher HR in response to affective pictures in general.

In line with the objective of the SMH (Damasio, 1994) and the NVM to account for the complex interaction between physiological, affective and cognitive processes (Thayer & Lane, 2000; Thayer et al., 2009), we aimed to investigate the association between startle reflex and HR during the emotional modulation paradigm (Lang, Bradley & Cuthbert, 1999) and decision making. Decision making was measured through the Iowa Gambling Task (IGT, Bechara et al., 1994, 2000; Bechara, 2007), which was designed to stimulate real-life decision in terms of uncertainty of outcomes and variable reward and punishment (Bechara et al., 1996, 1999). In the IGT, participants engage in a computerized card game where they learn to select cards, two advantageous (C and D) and two disadvantageous (A and B), based on associated monetary gains and losses. The goal is to maximize earnings, and successful performance indicates implicit and explicit learning. Generally, participants favor the advantageous decks (C and D) for financial gains while avoiding disadvantageous ones. However, certain studies, including Umbach et al. (2019), have observed a consistent preference for Deck B in the IGT, suggesting suboptimal learning and a specific inclination towards disadvantageous decks, particularly deck B, among both offenders.

Supporting the SMH and NVM, it was anticipated that good IGT performers would exhibit greater prefrontal activation, concomitant with consequent suppression of the amygdala, manifesting in a reduced magnitude of the startle reflex and a decreased deceleration in HR in response to aversive stimuli. In contrast, it was anticipated that bad IGT performers would exhibit reduced prefrontal activation, resulting in decreased amygdala inhibition reflected in an increased magnitude of the startle reflex and a deceleration of HR when confronts unpleasant visual stimuli.

6.3. Materials and methods.

6.3.1. Participants.

The participants were 50 inmates from the Albolote Penitentiary Center (Granada), all men, ranging in age from 23 to 52 years ($M = 36.6$; $SD = 8.34$), and were

divided according to their IGT performance (through the medians of the IGT net scores): good IGT' performers ($M = 8.82$; $SD = 10.96$; $n = 21$) and bad IGT' performers ($M = -17.45$; $SD = 16.10$; $n = 29$). The IGT performance and the calculation of the net score were analyzed in accordance with established procedures (Bechara et al., 1999; Bull et al., 2015; Steingroever et al., 2013). The formula utilized for this calculation is expressed as follows: $((C + D) - (A + B)) / 100$. Participant selection was based on a blinded procedure, identifying individuals with extreme performance scores using random digits instead of full names. Because of equipment failures and/or excessive artifacts, the final sample size was 48 for startle reflex data. Using G* Power for ANOVA designs (Faul et al., 2007) and including one 2-level within variable and one 2-level between variable, we set error probability (α) at .05 and statistical power ($1-\beta$) at 0.8. Applying these parameters, the current sample size ($n = 47$) was deemed sufficient to detect small effects (partial $\eta^2 = .5$). All participants provided written informed consent. The UGR Ethical Committee approved the experimental protocol (IRB-#2994/CEIH/2022), that complied with the APA ethical standards and the Declaration of Helsinki.

6.3.2. Materials and design.

Forty-two pictures were selected from the International Affective Picture System (IAPS; Moltó et al., 1999) depicting people either in neutral (e.g. non-emotional situations), pleasant (e.g., erotica) or unpleasant situations (e.g. mutilation). IAPS numbers of the pictures used in the current study are: Pleasant, 4607, 4608, 4651, 4652, 4658, 4659, 4664, 4670, 4680, 4687, 4800, 4810; Neutral, 2190, 2214, 2230, 2372, 2383, 2440, 2480, 2485, 2495, 2514, 2840, 7550; Unpleasant, 3000, 3010, 3030, 3051, 3053, 3071, 3100, 3110, 3150, 3168, 3170, 3400. Categories differed in terms of normative valence, and arousal ratings (pleasant; $M = 7.08$ and 5.73 , unpleasant; $M = 1.91$ and 6.03 and neutral $M = 5.28$ and 2.84).

The IAPS pictures (640 X 480 pixels) were fleetingly presented for 6 s (see Figure 6.1). Pictures were presented on a 22-inch monitor located 0.5 m in front of the participants. Pictures were equivalent in brightness, contrast, and mean spatial frequency in each category. The presentation order of the affective blocks was counterbalanced using three different sequences, ensuring an equitable and systematic distribution of experimental conditions.

Startle responses were provoked by 105dB, 50 ms white noise with instantaneous rise time, recorded in a wav file and amplified with Stage Line 2000 amplifier and

presented through AKG K240 headphones. Probes were delivered 3s, 3.5s, 4s, 4.5s, 5 s, 5.5s after picture onset in 42 trials. The stimulus sequence and stimulus timing were controlled by EPRIME 2.0 software (Pinker, 2015) run on a second PC which also generated stimulus markers that were collected by the Biopac unit.

6.3.3. Physiological Recording and Data Reduction.

EMG was recorded with two miniature Ag/AgCl electrodes filled with standard electrode gel and attached to the skin overlaying the muscle under the left eye. One electrode was attached underneath the pupil and the second about 1cm lateral towards the outer cantus of the eye. A ground electrode was attached to the participants' forehead. EMG was amplified with an EMG100C amplifier with a gain of 500 and a band pass filter with a low cut off of 10Hz and a high cut off of 500Hz.

The ECG, recorded via Ag/AgCl electrodes attached in an Einthoven lead II configuration (right mid-clavicle, left ankle and right ankle, ground), was continuously monitored during a 5-min pre-task rest (baseline), and during the visualization of IAPS affective pictures. ECG activity was digitalized at a 1,000 Hz sampling rate using the Biopac MP 150 device (Biopac Systems, Inc., Goleta, CA, USA). Automatic R-wave detection and artifact correction were performed with ECGlab Matlab software (Carvalho et al., 2002) before the extraction of HR values. Mean HR was calculated across baseline and the IGT using KARDIA Matlab software (Perakakis et al., 2010) and custom Matlab scripts (Matlab 2013a; MathWorks Inc., Natick, MA, USA).

All physiological signals were collected with a sampling frequency of 1000Hz using AcqKnowledge 3.9 data acquisition software.

6.4. Procedure.

After completing the informed consent (1) participants performed the Iowa Gambling Task (Bechara et al., 1994). At the end of the task, participants were asked if they thought one deck was more advantageous than the others and, if they did, they identified it. (2) Subsequently, the participant was seated in lab, and sensors for physiological recording were attached. During the session, the subject was instructed that a series of pictures would be presented, and that each picture should be viewed the entire time it was on the screen. In each trial, a baseline of 3s was recorded, followed by the

picture that appeared on the screen during 6s, where the startle noise was presented at different intervals (3s, 3.5s, 4s, 4.5s, 5s, 5.5s), finally followed by an intertrial interval between 2.5s and 5s). Once the task was finished, participants evaluated the pictures, using the Self-Assessment- Manikin scale (Moltó et al., 1999), in the dimensions of valence, arousal and dominance. Finally, participants were then debriefed and thanked for their participation.

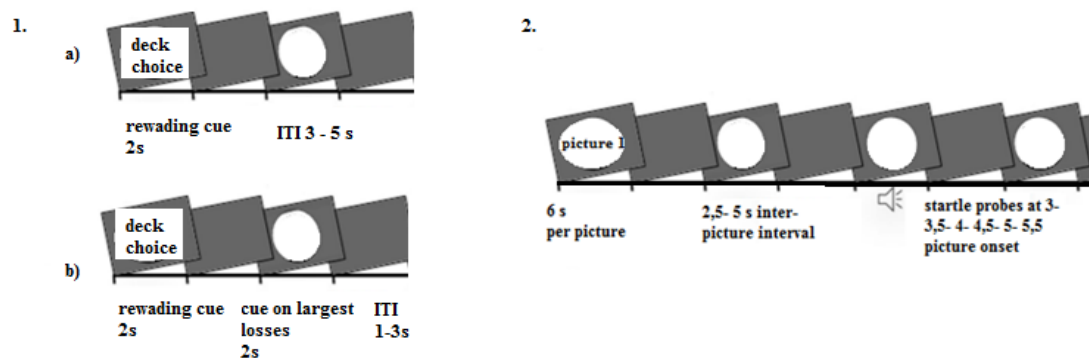


Figure 6.1. Schematic illustration of the experimental procedure. 1) *IGT procedure. Each trial began with all decks displayed on the screen. Immediately after the participant's choice (left mouse button), if the deck was associated with monetary losses, gains were displayed for 2 s followed by larger losses, shown for 2 s and a variable (1–3 s) intertrial interval (ITI). However, if the deck was associated with monetary gains, these were displayed for 2 s and immediately followed by a 3–5 s ITI. To provide constant feedback, cumulative gains were always in view.* 2) *For each trial, IAPS pictures were presented (42 trials: 14 pleasant, 14 neutral and 14 unpleasant pictures) and startle probes were presented in 27 picture trials*

6.5. Data analysis.

IGT Behavioral data.

For behavioral data analysis, the traditional method of analysis was obtained to measure the performance in the IGT, which measures the learning curve of the four decks and during the 5 blocks (twenty trials per block); indexed by the number of advantageous/disadvantageous choices across blocks (e.g., Crone et al., 2004). Following the professional criteria in the published manual (Bechara, 2007) and criteria based on basic assumptions (Bechara et al., 1994) to categorize the performance of healthy subjects and label good IGT performers and bad decision makers.

Self-report data: SAM.

To evaluate SAM Scales, a 2(X3) mixed factor analysis of variance was performed, with group factor (good and bad IGT performers) and the factor Picture Categories (pleasant, neutral, unpleasant).

Orbicularis electromyography (EMG).

To assess startle reflex, 3(X2) repeated measures ANOVA was performed, including the factor Picture Categories (pleasant, neutral, unpleasant) and Groups (good and bad IGT performers). Independent samples t-test between picture's categories in IGT performance groups were also performed.

Heart rate (HR).

To examine HR change scores were performed 2(X3X12) repeated measures ANOVA, including Groups (IGT performance groups), the factor Picture Categories (pleasant, neutral, unpleasant) and period time (12 half seconds), and all the trials were included in the mean calculation.

All statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics 24 (IBM Corp., 2016). The level of significance was set at .05; Greenhouse-Geisser adjustment was applied as necessary, and partial η^2 was used as a measure of effect size. All graphs include 95% CIs to show the variability around the mean.

6.6. Results.

Subjective rating data

Table 6.1 shows the results of the subjective evaluation of the IAPS pictures shown evidencing significant differences in valence ($F(2, 92) = 205.77, p < .001, \eta_p^2 = .817$). Pleasant pictures were rated most pleasant; followed by neutral pictures and lower valence for unpleasant pictures. In arousal category, significant differences were also found ($F(2, 92) = 11.03, p < .001, \eta_p^2 = .193$) with higher scores for pleasant and unpleasant than neutral pictures. Finally, in dominance category significant differences are found ($F(2, 92) = 12.92, p < .001, \eta_p^2 = .219$) with higher scores in pleasant and neutral categories.

	Valencia		Arousal		Dominance	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Pleasant	7.39	1.39	5.17	2.66	5.35	1.49
Unpleasant	1.96	1.48	4.81	2.66	3.95	1.86
Neutral	5.42	.96	3.37	1.80	5.10	1.25

Table 6.1. Subjective rating data. *In valence all $ps < .001$; in arousal $ps < .001$ between pleasant/unpleasant and neutral; in dominance $ps < .001$ between pleasant and unpleasant, and unpleasant and neutral*

Startle reflex

Blink magnitude differed significantly across the three picture categories ($F(2, 92) = 6.165, p < .05, \eta_p^2 = .118$), with largest responses during unpleasant pictures and smallest during pleasant pictures ($p < .05$), and intermediate responses for neutral pictures (see Figure 6.2).

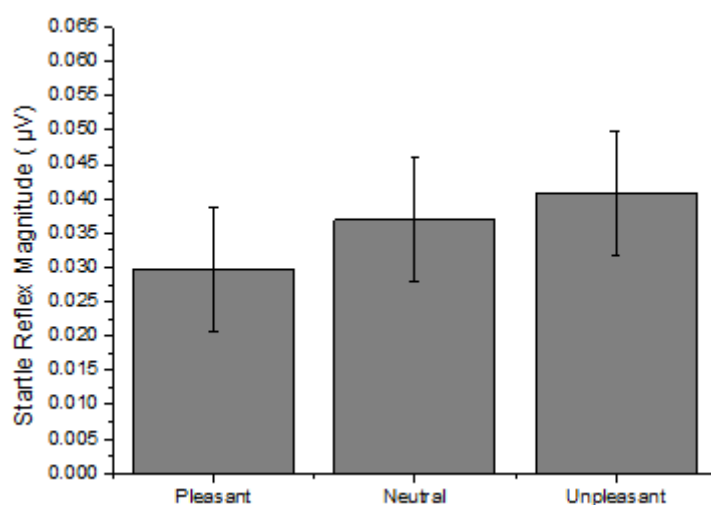


Figure 6.2. Startle reflex data. *Figure 6.2 illustrates notable differences in the magnitude of the startle reflex among affective picture categories. Note: Error bands represents standard errors.*

IGT performance groups did not differ in average startle blink response ($F(1, 46) = .52, p = .474, \eta_p^2 = .01$). Not significant, but a trend can be observed in bad IGT' performers showed a greater magnitude of the startle reflex (See Figure 6.3).

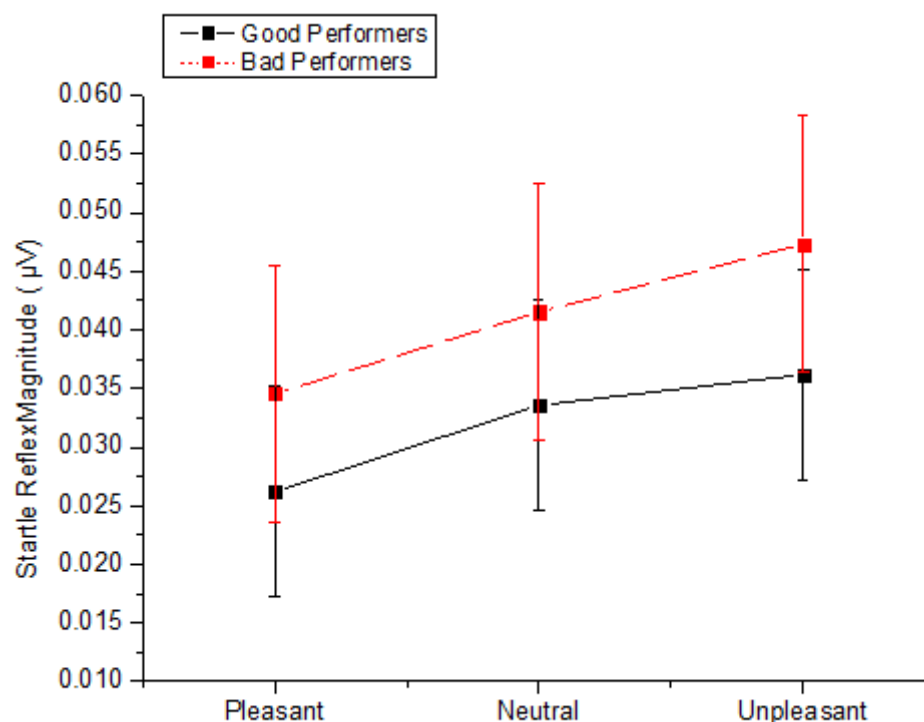


Figure 6.3. Comparison of startle reflex data between IGT performance groups. A non-significant trend was noted towards an increased magnitude of the startle reflex in individuals with bad IGT performance.

Heart rate

HR changed significantly over the 6 s of the picture viewing interval, period ($F(22, 259.74) = 11.76, p < .001, \eta_p^2 = .2$) showing a classic triphasic waveform that varied significantly over picture category ($F(1.96, 92.27) = 14.47, p < .001, \eta_p^2 = .223$). Post hoc tests of the linear trend over picture category were significant for all interval half-second periods (except period 1).

Period	F	Sig.	η^2
2	$F(1.98, 95.42) = 5.33$	$p < .05$	$\eta_p^2 = .1$
3	$F(1.92, 92.49) = 5.52$	$p < .05$	$\eta_p^2 = .103$
4	$F(1.95, 93.84) = 6.22$	$p < .05$	$\eta_p^2 = .115$
5	$F(1.97, 94.57) = 6.54$	$p < .05$	$\eta_p^2 = .12$
6	$F(1.86, 89.65) = 10.44$	$p < .001$	$\eta_p^2 = .179$
7	$F(1.87, 90.10) = 12.94$	$p < .001$	$\eta_p^2 = .212$
8	$F(1.77, 85.16) = 16.84$	$p < .001$	$\eta_p^2 = .26$
9	$F(1.81, 87.32) = 19.42$	$p < .001$	$\eta_p^2 = .288$

10	$F(1.85, 88.96) = 21.12$	$p < .001$	$\eta_p^2 = .306$
11	$F(1.92, 92.13) = 21.55$	$p < .001$	$\eta_p^2 = .31$
12	$F(1.97, 92.92) = 18.27$	$p < .001$	$\eta_p^2 = .28$

Table 6.2. Heart rate in picture affective categories during half-second intervals.
HR differences between picture categories in half-second periods.

Unpleasant pictures generated a greater initial decelerations in HR compared to pleasant pictures ($p < .001$) and neutral pictures ($p < .001$) (Figure 6.4). No differences between IGT performance groups were found.

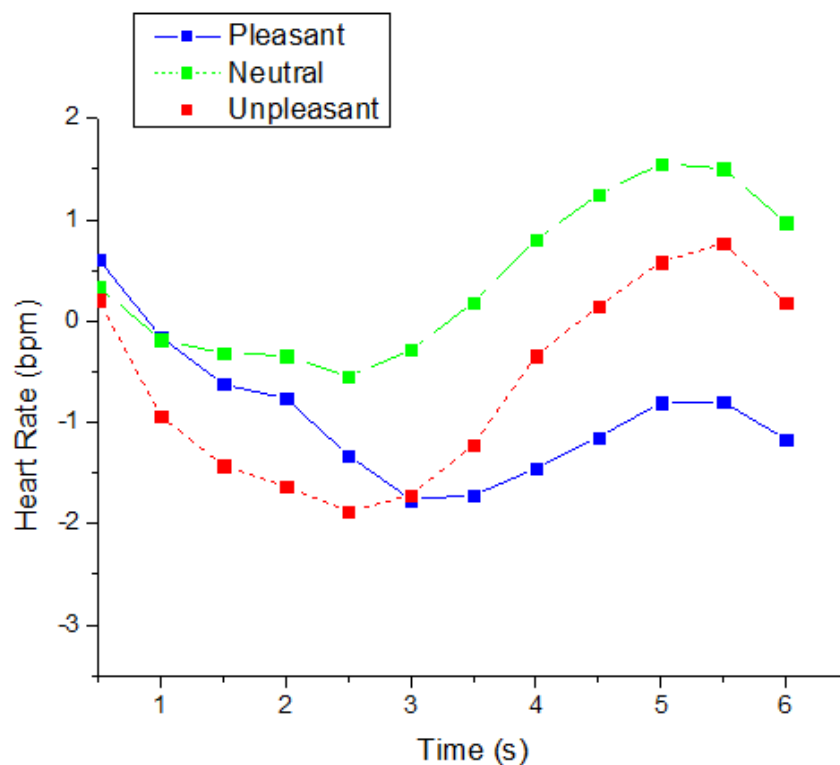


Figure 6.4. HR data in good and bad performers.

6.7. Discussion.

Our research, akin to numerous studies (e.g., Cardona-Isaza et al., 2022; Murphy, 1990; Tanaś & Łuczak, 2021), centers on examining the cognitive and emotional foundations of intricate decision-making within incarcerated populations. This study specifically explored whether inmates who showed different levels of proficiency on a decision-making task would manifest differences in the emotional modulation of psychophysiological responses (startle reflex and HR). Decision-making proficiency was evaluated through the IGT, and participants were categorized based on their

performance/learning in the task. Significantly, this study constitutes a pioneering investigation into emotional modulation, employing a subject sample deliberately selected based on their IGT scores.

In terms of the startle reflex pattern, the heightened response preceding unpleasant stimuli is attributed to the alignment between the negative valence of the sound stimulus inducing the startle reflex and the observed stimulus (both being aversive). The startle reflex exhibits potentiation in the presence of stimuli characterized by unpleasant valence, while stimuli with pleasant valence lead to its attenuation (Lang, 1995; Lang et al., 1997). Numerous studies consistently report an elevated inhibition of the blink reflex when individuals are exposed to emotionally charged images compared to neutral images, a methodology widely utilized in scientific research as an objective indicator of affective responses to diverse stimuli across different populations (Bradley et al., 1993; Bradley & Lang, 2001; Duval et al., 2013; Grillon & Baas, 2003; Levenston et al., 2000; Muñoz et al., 2011). Investigations into psychopathic inmates suggest that emotional reactivity is diminished in this group, with reduced startle reflex responsiveness to both positive and negative visual stimuli, as well as insufficient potentiation when faced with imminent cues of aversive auditory stimuli (Baskin-Sommers et al., 2013; Benning et al., 2005; Herpertz et al., 2001; Levenston et al., 2000; Pastor et al., 2003; Patrick et al., 1993; Patrick, 1994; Sutton et al., 2002).

Shifting the focus to HR responses., this research aligns with previous studies such as Codispoti et al. (2001) and Ruiz Padial et al. (2011), replicating the cardiac response to pictures presented for 500 ms. Consistent with the literature, HR magnitude is potentiated when viewing unpleasant pictures, indicating cardiac deceleration. HR deceleration before emotional stimuli is regulated by vagal parasympathetic innervation through cholinergic receptors of the heart (Lang et al., 2013). Consequently, greater HR deceleration is considered a physiological indicator of attentional response to affective stimuli, observed in studies involving the activation of appetitive or defensive motivational systems, transitioning from an initial attention phase to a final action phase (Bradley et al., 2001; Bradley, 2009; Bradley & Lang, 2007). Thus, highly pleasant or unpleasant stimuli are associated with a more pronounced slowdown in HR response.

The observed results in the modulation of psychophysiological variables, particularly the decreased magnitude of the startle reflex in inmates who are good IGT performers could be attributed to the inhibitory mechanism exerted by the prefrontal

cortex on the amygdala during decision-making, although the results didn't reach levels of statistical significance. These findings, although showed a trend, didn't corroborate the confirmation of the impact of the inhibitory mechanism (see SMH; Damasio, 1989, 1994; Damasio et al., 1991; Bechara et al., 2000; NVM; Thayer & Lane, 2000; Thayer et al., 2009) exerted by the prefrontal cortex on the amygdala in decision-making. Nevertheless, despite the lack of statistical significance in the difference between proficient and less proficient IGT performers, the results align with prior research in healthy populations, where the influence of this bidirectional mechanism between the vmPFC and the amygdala was confirmed. The inhibitory mechanism doesn't equally affect the startle reflex and HR. Our findings didn't directly support the SMH or the NVM, but the trend shown across IGT performance groups in inmates, although not significant, appears to support the inhibitory connections between the vmPFC and the amygdala proposed by previous theories. Good IGT performers had a greater activation in the vmPFC, contributing to amplified inhibition of the amygdala. Greater vmPFC activation is related to superior IGT performance and reduced intensity of defensive reflexes when faced with emotional stimuli. In contrast, those with suboptimal performance on the IGT exhibit decreased vmPFC activation, resulting in weakened amygdala inhibition.

In examining the non-significant trend in startle reflex across IGT performance groups, a plausible explanation emerges from Motivational Priming theory (Lang, 1995; Lang, Bradley & Cuthbert, 1990). This theory posits that positive emotions, presumed in good IGT performers, may dampen the startle reflex, consistent with prior research on affective stimulus perception.

The limitations of this study arise from the inherent complexity in the novel integration of the IGT and the emotional modulation paradigm of defensive reflexes. The distinctive methodology follows a two-step process: participants initially undergo the IGT to assess decision-making ability and are subsequently categorized into two groups based on their IGT performance scores. Following this, participants engage in an emotional modulation task, enabling a focused exploration of the intricate interplay between decision-making processes and emotional responses. In spite of the innovative characteristics inherent in this investigation, it is essential to acknowledge and consider the presence of certain limitations within the scope of this study. Primarily, the small sample size suggests the need for a larger and more diverse participant group to draw

solid conclusions. Additionally, challenges in participant recruitment within the prison environment limit the scope of the sample. Secondly, the integration of diverse methodologies introduces intricacies in isolating the specific contributions of cognitive and emotional factors to the decision-making process. By not finding precedent studies that use this combined approach, difficulty appears in establishing reference points and recognized frameworks for comparative analysis. Future research would need to focus on refining methodologies to elucidate the nuanced relationship between decision making and emotional processing.

6.8. Conclusion.

In conclusion, this study investigated the intricate relationship between decision-making and emotional processing within the context of incarcerated individuals. Notably, our findings establish a correlation between suboptimal IGT performance and discernible psychophysiological reflex patterns, particularly in heightened startle reflex responses. These observations resonate with both the SMH and the NVM, underscoring the regulatory role of the prefrontal cortex in orchestrating emotional responses for nuanced decision-making. Although statistical significance was not achieved, these results lend support to both the SMH and NVM, emphasizing the inhibitory dynamics between the vmPFC and the amygdala. Noteworthy trends in vmPFC activation and amygdala inhibition were identified, aligning with distinct performance levels delineated in individuals categorized as good and bad IGT performers. This research provides valuable information on the physiological factors related to suboptimal decision making in clinical populations within the prison context.

CAPÍTULO VII. Discusión y perspectivas futuras.

7.1. Discusión.

La presente tesis se compone de cuatro estudios experimentales. Los dos primeros investigaron la relación entre la inflexibilidad cognitiva y la toma de decisiones en poblaciones diversas: participantes sanos (estudiantes) y clínicos (reclusos). Además, se analizó la sensibilidad cardíaca ante recompensas y pérdidas en ambos grupos. Los dos últimos estudios exploraron las bases cognitivas y emocionales de la toma de decisiones complejas, centrándose en la relación entre la magnitud del reflejo de sobresalto, la tasa cardíaca y el rendimiento en la *IGT*. Se examinó la posible influencia del mecanismo inhibitorio de la *vmPFC* sobre la amígdala en el proceso de toma de decisiones. Se confirma la conexión entre la influencia del mecanismo inhibitorio y el reflejo motor de sobresalto, aunque los datos encontrados en la frecuencia cardíaca no son claros.

A continuación, se abordarán con mayor profundidad los cuatro estudios, poniendo énfasis en los resultados más significativos.

Estudio 1.

El estudio 1 tiene como meta principal la evaluación del impacto de la inflexibilidad cognitiva en la sensibilidad cardíaca a las recompensas, abordando esta cuestión en una muestra sana (población universitaria). Además, busca analizar las implicaciones de esta inflexibilidad en la toma de decisiones, así como en la tasa cardíaca.

La literatura existente, respaldada por estudios previos (Banca, Harrison & Voon, 2016; Bell & Polaschek, 2017; Boog et al., 2014; Groman et al., 2019; Parnaudeau, Bolkan & Kellendonk, 2018; Perandrés-Gómez et al., 2021; Vandaele & Ahmed, 2021; Voon et al., 2017; Wyckmans et al., 2019), sugiere que la inflexibilidad cognitiva se relaciona con una toma de decisiones deficiente y una mayor sensibilidad a las recompensas.

En cuanto a la sensibilidad cardíaca, mientras estudios anteriores como el de Crone et al. (2004) relacionaron un buen rendimiento en la *IGT* con la desaceleración de la frecuencia cardíaca antes de las elecciones desfavorables, investigaciones más recientes, como la de Hayes et al. (2020), han encontrado resultados contradictorios. Se ha observado que una frecuencia cardíaca más lenta antes de elecciones desfavorables se relaciona con un mejor rendimiento en la *IGT*, según Crone et al. (2004). Además, las

aceleraciones cardiacas ante ganancias monetarias son consistentes, pero únicamente en aquellos individuos que tienen un desempeño sobresaliente en la *IGT* (Crone et al., 2004; Goudriaan et al., 2006).

Para abordar estas cuestiones, el estudio utilizó la TCI-R para medir la inflexibilidad cognitiva y la *IGT* para evaluar la toma de decisiones, mientras simultáneamente se registraba la tasa cardiaca para investigar su reactividad ante ganancias y pérdidas monetarias.

Los resultados revelaron una asociación entre la inflexibilidad cognitiva, una toma de decisiones menos efectiva y una mayor reactividad cardiaca ante ganancias monetarias en la muestra. Concretamente, los participantes con mayor inflexibilidad cognitiva mostraron una aceleración cardiaca más pronunciada en respuesta a ganancias monetarias significativas. Estas respuestas cardiacas indican que individuos con mayor sensibilidad a las recompensas pueden demostrar una mayor receptividad a estímulos gratificantes en presencia de inflexibilidad cognitiva. La relación entre el aumento en la frecuencia cardiaca y las señales placenteras respalda estudios anteriores (Bradley et al., 1993; 2001), sugiriendo que este incremento puede considerarse como un indicador fiable de motivación apetitiva, que refleja el impulso evolutivamente adaptativo de prestar atención prolongada a estímulos positivos.

Estudio 2.

La finalidad del segundo estudio consistió en examinar el rendimiento en la *IGT* y su conexión con la sensibilidad a la recompensa y al castigo en un grupo de individuos en prisión (población clínica). Además, se propuso explorar si su rendimiento en la *IGT* está relacionado con la sensibilidad cardiaca ante estímulos de recompensa y castigo.

La inflexibilidad cognitiva, se manifiesta de manera significativa en contextos penitenciarios, donde las adicciones y los comportamientos violentos son comunes. Las conductas agresivas en este entorno podrían ser consecuencia de funciones ejecutivas deficientes, particularmente una capacidad disminuida para inhibir impulsos violentos (Blair, 2001; 2016).

En relación al impacto de la sensibilidad a la recompensa o al castigo en la inflexibilidad cognitiva, Gusnard (2003) examinó los correlatos neuronales de la inflexibilidad cognitiva, evaluada con la Escala de Persistencia TCI de Cloninger (Cloninger et al., 1994), asociándola con niveles aumentados o reducidos de actividad en

áreas vinculadas funcionalmente a "actividades relacionadas con la recompensa" (Gusnard et al., 2003). Además, en población con comportamientos violentos y consumo de drogas, se observa comúnmente una tendencia hacia la hiperreactividad a las recompensas. Asimismo, en términos de sensibilidad atípica a la recompensa o al castigo, se ha explorado la comprensión de los procesos cognitivos y emocionales que influyen en el rendimiento en la *IGT*. Siguiendo la noción de la sensibilidad como un atributo crucial de la personalidad (Gray y McNaughton, 2000), se podría plantear la hipótesis de que las disparidades individuales en la sensibilidad a la recompensa o al castigo entre los delincuentes encarcelados contribuyen a la amplia variabilidad interindividual en el desempeño de la *IGT*.

En línea con teorías anteriores y numerosas investigaciones que emplean la *IGT*, se destaca que la sensibilidad de los individuos a las recompensas y a las pérdidas desempeña un papel crucial en su capacidad para anticipar las consecuencias de sus acciones, afectando así a su proceso de toma de decisiones. Además, la tarea revela consistentemente que las ganancias monetarias provocan aceleraciones cardíacas (Crone et al., 2004; Goudriaan et al., 2006).

Para investigar estas cuestiones, el estudio empleó la TCI-R para cuantificar la inflexibilidad cognitiva y la *IGT* para analizar la toma de decisiones. Al mismo tiempo, se registró la tasa cardíaca con el fin de examinar cómo reaccionaba esta variable frente a ganancias y pérdidas monetarias.

Los resultados indicaron que los participantes, independientemente de su nivel de inflexibilidad cognitiva, mostraron incapacidad para aprender a evitar opciones desfavorables. Todos los participantes mostraron una preferencia general por las barajas desventajosas y una inclinación hacia la baraja B, corroborando investigaciones previas (Lin et al., 2007, 2012; Visagan et al., 2012). Los datos respaldan la idea de que, en cada prueba, las recompensas tienen prioridad sobre las estrategias a corto plazo, en consonancia con estudios anteriores (Crone et al., 2004; Rivalan et al., 2009; Werner et al., 2009). En relación a la sensibilidad cardíaca a las recompensas, se observó que las ganancias monetarias generaban mayores aceleraciones cardíacas que las pérdidas monetarias, coincidiendo con la literatura existente (Crone et al., 2004; Goudriaan et al., 2006; Miu et al., 2008; Studer et al., 2016). Estos resultados indican una experiencia general de placer vinculada a ciertas señales en la *IGT*, resaltando su importancia motivacional.

Estudio 3.

El Estudio 3 tuvo como objetivo explorar la relación entre el reflejo de sobresalto, la frecuencia cardíaca y el proceso de toma de decisiones, contribuyendo a la comprensión de la interacción bidireccional entre las habilidades cognitivas y emocionales. Este estudio analizó la modulación del reflejo de sobresalto y la tasa cardíaca, dentro de una muestra sana (población universitaria) dividida en grupos de alto y bajo rendimiento en la *IGT*. Además, se buscó explorar si hay variaciones en la magnitud del reflejo de sobresalto y la respuesta de la tasa cardíaca durante la exposición a imágenes emocionales en estos dos grupos de participantes.

La toma de decisiones necesita de la integración entre cerebro y cuerpo para dar una respuesta adaptada al ambiente (Thayer et al., 2009; Damasio, 1996; Bechara y Damasio, 2005). Varias teorías, como la de los Marcadores Somáticos (Damasio, 1996; Bechara), el Modelo Neurovisceral de Thayer y Lane (2000), y la propuesta de Davidson, Putman y Larson (2000), proponen un mecanismo inhibitor bidireccional entre la *vmPFC* y la amígdala. Esta interacción bidireccional facilita la comunicación entre la amígdala y la *vmPFC* acerca de estímulos emocionales, influyendo en la evaluación y toma de decisiones.

Numerosos estudios han utilizado medidas fisiológicas como el reflejo de sobresalto y la tasa cardíaca para explorar la conexión entre el cerebro y el cuerpo. Se ha asociado funcionalmente el reflejo de sobresalto con la actividad de la amígdala y la tasa cardíaca con la actividad de la *vmPFC*, según el Modelo Neurovisceral (Thayer et al., 2012). En individuos sanos, la magnitud del reflejo de sobresalto disminuye durante estímulos placenteros y aumenta durante estímulos desagradables. Las imágenes agradables muestran una breve aceleración del ritmo cardíaco después de una desaceleración inicial, mientras que las imágenes desagradables provocan una mayor desaceleración inicial de la frecuencia cardíaca en comparación con las demás.

La *IGT* se empleó para evaluar la toma de decisiones, clasificando a los participantes en dos grupos según su desempeño: los que tenían un rendimiento bajo y los que tenían un alto rendimiento en la *IGT*.

Los resultados muestran que diversos niveles de rendimiento en la *IGT* se vincularon con distintas magnitudes en el reflejo de sobresalto, siendo más acentuado en individuos con un rendimiento bajo. Este patrón parece confirmar la relación

bidireccional entre la amígdala y la *vmPFC*, pudiendo indicar que los individuos con una reacción emocional más intensa presentaban un rendimiento inferior en la *IGT*, lo que sugiere una posible inhibición de la *vmPFC* por parte de la amígdala. Además, se observó un incremento en el reflejo de sobresalto en respuesta a imágenes desagradables y una inhibición de las imágenes agradables, las imágenes neutras se situaron en una posición intermedia (Lang, 1995; Lang, Bradley & Cuthbert, 1990). La dinámica inhibitoria entre la amígdala y la *vmPFC*, evidente en la variación de la magnitud del reflejo de sobresalto según el rendimiento en la *IGT*, no se reflejó en la tasa cardíaca. No obstante, la tasa cardíaca exhibió una desaceleración inicial más marcada en respuesta a imágenes desagradables en comparación con otras categorías emocionales.

Estudio 4.

El propósito principal del Estudio 4 fue explorar posibles divergencias en la modulación de los reflejos defensivos, concretamente sobre el reflejo de sobresalto y la tasa cardíaca, en una muestra de individuos en prisión, dividiendo la muestra en dos subgrupos, los que tenían alto y bajo rendimiento (mejor o peor toma de decisiones) en la *IGT*. Además, se investigaron posibles variaciones en la magnitud del reflejo de sobresalto y la respuesta de la tasa cardíaca durante la exposición a una serie de imágenes emocionales en este conjunto de participantes.

Las investigaciones señalan que la *CAN* y sus proyecciones (Fernández-Duque y Posner, 2001; Masterman y Cummings, Posner y Di Girolamo, 1998, junto al "circuito de emociones" (Damasio, 1998) y los sistemas relacionados (Masterman y Cummings, 1997; Spyer, 1989), forman una red funcional integrada. Varios estudios han usado medidas fisiológicas (reflejo de sobresalto y tasa cardíaca) para explorar la conexión cerebro-cuerpo. El reflejo de sobresalto se asocia a la amígdala y la tasa cardíaca a la *vmPFC*, según el Modelo Neurovisceral (Thayer et al., 2012).

La literatura sobre la modulación emocional de personas en prisión en prisioneros desde la perspectiva de la psicopatía ha sido ampliamente explorada (Benning et al., 2005; Herpertz et al., 2001; Levenston et al., 2000). La hipótesis inicial sugiere una deficiencia en la reactividad emocional en individuos con psicopatía y este resultado puede extenderse a reclusos en España (Pastor et al., 2003). Los reclusos psicópatas muestran inhibición del reflejo de sobresalto ante imágenes tanto placenteras como desagradables (Levenston et al., 2000; Pastor et al., 2003; Patrick et al., 1993; Sutton, Vitale y Newman,

2002). Otros estudios indican que la respuesta de sobresalto se potencia con imágenes desagradables se inhibe con imágenes placenteras (Herpertz et al., 2001). Además, en términos de frecuencia cardíaca, los psicópatas también muestran mayor inhibición de la frecuencia cardíaca en respuesta a imágenes afectivas en general.

En este estudio se siguió el mismo procedimiento que en el estudio 3. Se utilizó la *IGT* para evaluar la toma de decisiones, dividiendo a los participantes en dos grupos según su rendimiento: los que tenían un alto rendimiento y los que tenían un bajo rendimiento en la *IGT*.

Los resultados indican que las imágenes desagradables potenciaron el reflejo de sobresalto en comparación con las agradables. Aunque los participantes con bajo rendimiento en la *IGT* mostraron una mayor magnitud en el reflejo de sobresalto, la diferencia no fue significativa. En relación con la tasa cardíaca, tanto las imágenes desagradables como las agradables generaron una mayor desaceleración inicial en la tasa cardíaca. Estos patrones no respaldan la noción de una relación bidireccional entre la amígdala y la *vmPFC*, no encontramos que una reacción emocional más intensa se asocie con un rendimiento inferior en la *IGT* ni viceversa.

7.2. Limitaciones y futuras líneas de investigación.

Aunque la metodología empleada en esta tesis doctoral es válida, es crucial tener en cuenta ciertas limitaciones inherentes.

La restricción relacionada con el tamaño de la muestra representa un desafío significativo en la presente investigación. Una mayor inclusión de participantes habría proporcionado una base más sólida para extraer conclusiones significativas y habría mejorado la validez externa de los resultados, permitiendo una mayor confianza en la aplicabilidad de las conclusiones a un rango más amplio de situaciones. Esto también hubiera permitido abordar con mayor detalle la variabilidad intrínseca en las dinámicas observadas, enriqueciendo así la comprensión general de los fenómenos estudiados. La limitación en la magnitud de la muestra plantea preguntas relevantes acerca de la aplicabilidad de los resultados a poblaciones más extensas, resaltando la importancia de tener precaución al extender las conclusiones de este estudio a contextos más amplios.

En segundo lugar, es esencial señalar una limitación adicional inherente a los estudios incluidos en esta tesis, especialmente aquellos que afectan a la población reclusa.

Sería altamente beneficioso y esclarecedor para la investigación haber ampliado la muestra al incluir un grupo de control que compartiera similitudes en cuanto a edad y género con la población carcelaria. El grupo control considerado en la muestra penitenciaria estaba formado por individuos encarcelados por delitos fiscales, lo cual introducía una variabilidad que podría influir en las comparaciones entre los grupos. En este sentido, resultaría valioso incorporar una muestra no vinculada a situaciones de reclusión pero que cumpliera con los mismos requisitos sociodemográficos que la población en prisión. Esta ampliación habría contribuido a una exploración más efectiva de las dinámicas específicas de cada grupo, enriqueciendo la comprensión general de los fenómenos estudiados. Al mismo tiempo, habría fortalecido la validez interna de los hallazgos al abordar de manera más específica las variables de interés.

En resumen, si bien es necesario interpretar los resultados y conclusiones de la tesis teniendo en cuenta las limitaciones identificadas, la reflexión sobre estas cuestiones no solo enriquece la comprensión actual, sino que también consolida el fundamento para investigaciones futuras, proporcionando una perspectiva más amplia sobre la aplicabilidad y el alcance de los hallazgos presentados.

7.3. Implicaciones clínicas.

Los hallazgos significativos de esta tesis doctoral refuerzan de manera contundente la necesidad imperante de abordar el proceso de toma de decisiones desde una perspectiva integral, trascendiendo la limitación exclusiva a la esfera cognitiva y extendiéndose hacia la consideración de la dimensión emocional. Este enfoque más holístico y multidimensional se revela como esencial para comprender las complejidades inherentes a las decisiones humanas y sus consecuencias.

Los resultados de estos estudios destacan la importancia de investigar a fondo tanto la inflexibilidad cognitiva como la sensibilidad a las recompensas y los castigos. La presencia y la interacción de estas características emergen como factores significativos en diversos contextos, incluyendo trastornos compulsivos, abuso de sustancias e incluso en trastornos caracterizados por comportamientos altamente violentos. La comprensión detallada de la inflexibilidad cognitiva y la sensibilidad a las recompensas proporciona un marco sólido para abordar no solo los síntomas aparentes de los trastornos, sino también sus raíces fundamentales. Este enfoque integral es crucial para diseñar

intervenciones más específicas y adaptadas a las necesidades individuales, permitiendo una atención más precisa y personalizada en el ámbito clínico.

En otra vertiente, resulta esencial resaltar la importancia de investigar el proceso de toma de decisiones desde la perspectiva de la modulación emocional, una dimensión que trasciende la regulación emocional, un área previamente estudiada en mayor medida. Este enfoque más amplio permite entender cómo las emociones influyen e interaccionan con la toma de decisiones, enriqueciendo nuestra comprensión de los factores subyacentes en la formación de elecciones y comportamientos. Un aspecto fundamental de este estudio es su enfoque en la conexión bidireccional entre la *vmPFC* y la amígdala, evidenciando cómo este complejo mecanismo ejerce una influencia significativa en la toma de decisiones y la modulación emocional.

En el ámbito clínico, se subraya la vital importancia de incorporar programas de entrenamiento en la toma de decisiones, no solo para potenciar la flexibilidad cognitiva, sino también para fortalecer la modulación emocional. Se considera que esta mejora en la toma de decisiones tendrá un impacto significativo tanto a nivel conductual como emocional, contribuyendo de manera tangible a elevar la calidad de vida de los individuos afectados. Al dotar a las personas de herramientas para tomar decisiones más informadas y adaptativas, se promueve la autonomía y la capacidad de gestionar de manera más efectiva las complejidades emocionales asociadas con cada elección.

En resumen, esta tesis destaca la importancia de abordar la toma de decisiones de manera integral, resaltando la relevancia de investigar la inflexibilidad cognitiva y la sensibilidad a recompensas en otros trastornos, proporcionando un marco sólido para intervenciones específicas. También se destaca la conexión emocional, particularmente la influencia de la *vmPFC* y la amígdala. Por último, en el ámbito clínico, se subraya la necesidad del entrenamiento para mejorar la toma de decisiones e incrementar la calidad de vida de los individuos.

CAPÍTULO VIII. Conclusiones.

De los cuatro estudios que componen la presente tesis doctoral se pueden extraer las siguientes conclusiones:

Estudio 1.

En estudiantes, la inflexibilidad cognitiva se asoció significativamente con una toma de decisiones subóptima, revelando el impacto negativo de la falta de flexibilidad en la capacidad de elección. Esta inflexibilidad cognitiva no solo está relacionada con aspectos cognitivos, sino también con respuestas fisiológicas, como la aceleración cardíaca.

La mayor respuesta cardiovascular en individuos con inflexibilidad cognitiva sugiere implicaciones importantes en la gestión de ganancias monetarias, respaldando la noción de que las respuestas fisiológicas reflejan directamente la motivación por recompensas, indicando una adaptación evolutiva frente a estímulos gratificantes. En particular, aquellos con alta inflexibilidad cognitiva muestran una mayor sensibilidad a las recompensas y un mayor aumento de la tasa cardíaca durante las ganancias monetarias en la *IGT*. Estos hallazgos subrayan la conexión entre la inflexibilidad cognitiva, la respuesta fisiológica y la motivación por recompensas en la toma de decisiones en individuos sanos.

Estudio 2.

En la población en prisión, independientemente del nivel de inflexibilidad cognitiva, los participantes demostraron una incapacidad para aprender a evitar opciones desfavorables en la *IGT*, manifestando con el tiempo una hiperreactividad cardíaca ante las recompensas. La preferencia general por los mazos desventajosos, especialmente hacia el mazo B (Caroselli et al., 2006; Fernie & Tunney, 2006; Lin & Chiu 2007; Lin et al. 2012; Toplak et al., 2005, Umbach et al., 2019; Visagan et al., 2012; Wilder et al., 1998) apoya la idea de que prevalecen las estrategias a corto plazo.

En relación con la sensibilidad cardíaca a las recompensas, se observó que las ganancias monetarias generaban mayores aceleraciones cardíacas que las pérdidas monetarias. Este patrón fue consistente en todos los participantes, independientemente de su nivel de inflexibilidad cognitiva.

Estudio 3.

En estudiantes, los resultados en modulación emocional muestran que, al igual que en la literatura existente, hay una potenciación del reflejo de sobresalto ante la exposición a estímulos desagradables, atribuida a la congruencia entre la valencia del estímulo auditivo y el estímulo observado (ambos aversivos). La magnitud del reflejo de sobresalto fue menor en individuos con buen rendimiento en la *IGT*. En relación con la modulación de la tasa cardíaca, se registró desaceleración cardíaca durante la presentación de imágenes desagradables, consistente con los hallazgos previos en la literatura. Esta desaceleración se interpreta como una respuesta atencional hacia estímulos afectivos y se vincula con la activación de sistemas motivacionales apetitivos o defensivos.

Para poder explicar las diferencias en el patrón del reflejo de sobresalto entre los participantes con diferentes niveles de rendimiento en la *IGT*, se postula la existencia de un mecanismo inhibitorio, posiblemente respaldando la existencia de una relación bidireccional entre la amígdala y la *vmPFC*. El mecanismo inhibitorio entre la *vmPFC* y la amígdala es respaldado por modelos como el *SMH* (Bechara et al., 2000; Bechara & Damasio, 2005; Damasio, 1989, 1994, 1996; Damasio et al., 1991) y el *NVM* (Thayer et al., 2009, 2012; Thayer & Lane, 2000, Thayer & Siegel, 2002), en el cual la corteza prefrontal ejerce un control inhibitorio sobre la amígdala durante la toma de decisiones. La interacción bidireccional entre la *vmPFC* y la amígdala, destacada por ambos modelos, juega un papel crucial en la regulación de la reactividad emocional, la toma de decisiones y la flexibilidad conductual. En nuestros resultados, esta inhibición parece afectar el reflejo de sobresalto, pero no observamos datos concluyentes para la respuesta de la frecuencia cardíaca.

Los individuos que tienen un desempeño superior en la *IGT* podrían mostrar una inhibición de la amígdala y, al mismo tiempo, una mayor activación del *vmPFC*, lo cual se refleja en una reducción en la magnitud del reflejo de sobresalto. Este patrón sugiere que estas personas tienen una toma de decisiones más informada. Por otro lado, aquellos que tienen un rendimiento más bajo en la *IGT* podrían experimentar una inhibición menor de la amígdala, manifestada en una magnitud mayor del reflejo de sobresalto y una reducción en la activación del *vmPFC*, lo que sugiere una toma de decisiones menos efectiva.

Estudio 4.

En prisión, los hallazgos en la modulación emocional de los reflejos defensivos son iguales a los observados en el estudio 3 y en la literatura, observándose un incremento del reflejo de sobresalto a estímulos desagradables. Este efecto se atribuye a la consistencia entre la valencia auditiva y visual, ambos considerados aversivos. En cuanto a la modulación de la frecuencia cardíaca, se encontró una desaceleración cardíaca durante la presentación de imágenes desagradables, en línea con investigaciones anteriores.

No obstante, en este grupo poblacional, no se encontraron diferencias significativas en la magnitud de los reflejos defensivos (reflejo de sobresalto y tasa cardíaca) entre los dos niveles de rendimiento en la *IGT*. Sin embargo, se observó una tendencia que sugiere que la corteza prefrontal inhibe la amígdala durante la toma de decisiones, según modelos como el *SMH* (Bechara et al., 2000; Bechara & Damasio, 2005; Damasio, 1989, 1994, 1996; Damasio et al., 1991) y el *NVM* (Thayer et al., 2009, 2012; Thayer & Lane, 2000; Thayer & Siegel, 2002),

A pesar de no alcanzar significación estadística, la tendencia observada indica que los reclusos con un buen rendimiento en la *IGT* podrían experimentar una mayor activación en la *vmPFC*, contribuyendo a la inhibición de la amígdala, lo cual se reflejaría en una menor intensidad del reflejo de sobresalto. Es importante señalar que, en nuestros resultados, esta tendencia se observa en el reflejo de sobresalto, pero no en la respuesta de la frecuencia cardíaca.

CAPÍTULO IX. Referencias.

- Abbate-Daga, G., Buzzichelli, S., Marzola, E., Amianto, F., & Fassino, S. (2014). Clinical investigation of set-shifting subtypes in anorexia nervosa. *Psychiatry Research*, 219(3), 592–597. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2014.06.024>
- AcqKnowledge System, Inc. (2023). AcqKnowledge 3.9 Software (Computer software). Holliston, MA: Author.
- Aggleton, J. P. (Ed.). (1992). *The amygdala: Neurobiological aspects of emotion, memory, and mental dysfunction*. Wiley-Liss.
- Aggleton, J.P. y Mishkin, M. (1986). The amygdala: Sensory gateway to the emotions. En R. Plutchik y H. Kellerman (Eds.), *Emotion: Theory, research, and experience* (Vol. 3). New York: Academic Press.
- Aggleton, J. P., & Young, A. W. (2000). The enigma of the amygdala: On its contribution to human emotion. In R. D. Lane & L. Nadel (Eds.), *Cognitive neuroscience of emotion* (pp. 106–128). Oxford University Press
- Ahern, G. L., Sollers, J. J., Lane, R. D., Labiner, D. M., Herring, A. M., Weinand, M. E., Hutzler, R., & Thayer, J. F. (2001). Heart Rate and Heart Rate Variability Changes in the Intracarotid Sodium Amobarbital Test. *Epilepsia*, 42(7), 912–921. <https://doi.org/10.1046/j.1528-1157.2001.042007912.x>
- Aluja, A., Blanch, A., Blanco, E., & Balada, F. (2015). Affective modulation of the startle reflex and the Reinforcement Sensitivity Theory of personality: The role of sensitivity to reward. *Physiology & Behavior*, 138, 332–339. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.09.009>
- Allport, G. (1937). *Personality: A Psychological Interpretation*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Amorapanth, P., LeDoux, J. E., & Nader, K. (2000). Different lateral amygdala outputs mediate reactions and actions elicited by a fear-arousing stimulus. *Nature Neuroscience*, 3(1), 74–79. <https://doi.org/10.1038/71145>
- Anderson, G., & Brown, R. I. (1984). Real and laboratory gambling, sensation-seeking and arousal. *British Journal of Psychology*, 75(3), 401–410. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1984.tb01910.x>

- Anderson, D. J., & Adolphs, R. (2014). A Framework for Studying Emotions across Species. *Cell*, 157(1), 187–200. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.03.003>
- Angrilli, A., Mauri, A., Palomba, D., Flor, H., Birbaumer, N., Sartori, G., & Paola, F. di. (1996). Startle reflex and emotion modulation impairment after a right amygdala lesion. *Brain*, 119(6), 1991–2004. <https://doi.org/10.1093/brain/119.6.1991>
- Anthony, B. J., & Graham, F. K. (1983). Evidence for Sensory-Selective Set in Young Infants. *Science*, 220(4598), 742–744. <https://doi.org/10.1126/science.6836312>
- Anthony, B. J., & Graham, F. K. (1985). Blink reflex modification by selective attention: Evidence for the modulation of ‘automatic’ processing. *Biological Psychology*, 21(1), 43–59. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(85\)90052-3](https://doi.org/10.1016/0301-0511(85)90052-3)
- Appelhans, B. M., & Luecken, L. J. (2006). Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. *Review of General Psychology*, (3), 229–240.
- Ashby, F. G., Isen, A. M., & Turken, A. U. (1999). A neuropsychological theory of positive affect and its influence on cognition. *Psychological Review*, 106(3), 529–550. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.106.3.529>
- Azevedo, T. M., Volchan, E., Imbiriba, L. A., Rodrigues, E. C., Oliveira, J. M., Oliveira, L. F., Lutterbach, L. G., & Vargas, C. D. (2005). A freezing-like posture to pictures of mutilation. *Psychophysiology*, 42(3), 255–260. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2005.00287.x>
- Banca, P., Harrison, N. A., & Voon, V. (2016). Compulsivity across the pathological misuse of drug and non-drug rewards. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 10(AUG). <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2016.00154>
- Bari, A., & Robbins, T. W. (2013). Inhibition and impulsivity: behavioral and neural basis of response control. *Progress in neurobiology*, 108, 44–79. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2013.06.005>
- Bark, R., Dieckmann, S., Bogerts, B., & Northoff, G. (2005). Deficit in decision making in catatonic schizophrenia: An exploratory study. *Psychiatry Research*, 134(2), 131–141. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2004.04.013>
- Barrash, J., Tranel, D., & Anderson, S. W. (2000). Acquired Personality Disturbances Associated With Bilateral Damage to the Ventromedial Prefrontal Region.

- Developmental Neuropsychology, 18(3), 355–381.
<https://doi.org/10.1207/S1532694205Barrash>
- Baskin-Sommers, A. R., Curtin, J. J., & Newman, J. P. (2013). Emotion-modulated startle in psychopathy: clarifying familiar effects. *Journal of abnormal psychology*, 122(2), 458–468. <https://doi.org/10.1037/a0030958>
- Beauchaine T. P. (2015). Future Directions in Emotion Dysregulation and Youth Psychopathology. *Journal of clinical child and adolescent psychology : the official journal for the Society of Clinical Child and Adolescent Psychology*, American Psychological Association, Division 53, 44(5), 875–896.
<https://doi.org/10.1080/15374416.2015.1038827>
- Bechara, A., Damasio, A. R., Damasio, H., & Anderson, S. W. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*, 50(1–3), 7–15. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0010-0277(94)90018-3)
- Bechara, A., Tranel, D., Damasio, H., Adolphs, R., Rockland, C., & Damasio, A. R. (1995). Double Dissociation of Conditioning and Declarative Knowledge Relative to the Amygdala and Hippocampus in Humans. *Science*, 269(5227), 1115–1118.
<https://doi.org/10.1126/science.7652558>
- Bechara, A., Tranel, D., Damasio, H., & Damasio, A. R. (1996). Failure to respond autonomically to anticipated future outcomes following damage to prefrontal cortex. *Cerebral cortex (New York, N.Y. : 1991)*, 6(2), 215–225.
<https://doi.org/10.1093/cercor/6.2.215>
- Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (1997). Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. *Science*, 275, 1293–1295.
<https://doi.org/10.1126/science.275.5304.1293>
- Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Anderson, S. W. (1998). Dissociation Of Working Memory from Decision Making within the Human Prefrontal Cortex. *The Journal of Neuroscience*, 18(1), 428–437.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.18-01-00428.1998>
- Bechara, A., Damasio, H., Damasio, A. R., & Lee, G. P. (1999). Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for*

- Neuroscience, 19(13), 5473–5481. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.19-13-05473.1999>
- Bechara, A., Tranel, D., Damasio, H. (2000). Characterization of the decision-making deficit of patients with ventromedial prefrontal cortex lesions. *Brain*, 123 (11) 2189–2202. <https://doi.org/10.1093/brain/123.11.21894>
- Bechara, A., Damasio, H. y Damasio, A.R. (2003). The role of the amygdala in decisionmaking. En P. Shinnick-Gallagher, A. Pitkanen, A. Shekhar y L. Cahill (Eds.), *The Amygdala in Brain Function: Basic and Clinical Approaches*. Annals of the New York Academy of Sciences, 985,356-369.
- Bechara, A. & Damasio, H. (2000). Characterization of the decision-making deficit of patients with ventromedial prefrontal cortex lesion. *Brain: a journal of neurology*, 123, 2189–2202. <https://doi.org/10.1093/brain/123.11.2189>
- Bechara, A., Tranel, D., & Damasio, H. (2000). Characterization of the decision-making deficit of patients with ventromedial prefrontal cortex lesions. *Brain*, 123(11), 2189–2202. <https://doi.org/10.1093/brain/123.11.21894>
- Bechara, A., Dolan, S., Denburg, N., Hindes, A., Anderson, S. W., & Nathan, P. E. (2001). Decision-making deficits, linked to a dysfunctional ventromedial prefrontal cortex, revealed in alcohol and stimulant abusers. *Neuropsychologia*, 39(4), 376–389. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(00\)00136-6](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(00)00136-6)
- Bechara, A., & Damasio, H. (2002). Decision-making and addiction (part I): impaired activation of somatic states in substance dependent individuals when pondering decisions with negative future consequences. *Neuropsychologia*, 40(10), 1675–1689. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(02\)00015-5](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00015-5)
- Bechara, A., Dolan, S., & Hindes, A. (2002). Decision-making and addiction (part II): myopia for the future or hypersensitivity to reward? *Neuropsychologia*, 40(10), 1690–1705. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(02\)00016-7](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00016-7)
- Bechara A. (2004). The role of emotion in decision-making: evidence from neurological patients with orbitofrontal damage. *Brain and cognition*, 55(1), 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2003.04.001>

- Bechara, A. (2005). Decision making, impulse control and loss of willpower to resist drugs: a neurocognitive perspective. *Nature Neuroscience*, 8(11), 1458–1463. <https://doi.org/10.1038/nn1584>
- Bechara, A., & Damasio, A. R. (2005). The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. *Games and Economic Behavior*, 52(2), 336–372. <https://doi.org/10.1016/j.geb.2004.06.010>
- Bechara, A. (2007). *Iowa Gambling Task Professional Manual*. Lutz, FL: Psychological Assessment Resources, Inc.
- Bechara, A., Berridge, K. C., Bickel, W. K., Morón, J. A., Williams, S. B., & Stein, J. S. (2019). A Neurobehavioral Approach to Addiction: Implications for the Opioid Epidemic and the Psychology of Addiction. *Psychological Science in the Public Interest*, 20(2), 96–127. <https://doi.org/10.1177/1529100619860513>
- Bell, R. K., & Polaschek, D. L. L. (2017). Do High-risk Prisoners Entering Treatment Have Clinically Impaired Cognitive Impulse Control? *Psychiatry, Psychology and Law*, 24(4), 576–593. <https://doi.org/10.1080/13218719.2016.1256016>
- Benarroch E. E. (1993). The central autonomic network: functional organization, dysfunction, and perspective. *Mayo Clinic proceedings*, 68(10), 988–1001. [https://doi.org/10.1016/s0025-6196\(12\)62272-1](https://doi.org/10.1016/s0025-6196(12)62272-1)
- Benarroch, E. E. (1997). The central autonomic network. En P.A. Low (Ed.) (*Clinical autonomic disorders*), (2 ed., pp. 17-23). Philadelphia: Lippincott-Raven.
- Benning, S. D., Patrick, C. J., & Iacono, W. G. (2005). Psychopathy, startle blink modulation, and electrodermal reactivity in twin men. *Psychophysiology*, 42(6), 753–762. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2005.00353.x>
- Bergvall, H., Wessely, H., Forsman, A., & Hansen, S. (2001). A deficit in attentional set-shifting of violent offenders. *Psychological Medicine*, 31(6), 1095–1105. <https://doi.org/10.1017/S0033291701004317>
- Berne, R. M., & Levy, M. N. (2001). *Cardiovascular Physiology* (8th ed.). Mosby.
- Berntson, G. G., Cacioppo, J. T., & Quizgley, K.S. (1995). The metrics of cardiac chronotropism: Biometric perspectives. *Psychophysiology*, 32(2), 162–171. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1995.tb03308.x>

- Best, M., Williams, J. M., & Coccaro, E. F. (2002). Evidence for a dysfunctional prefrontal circuit in patients with an impulsive aggressive disorder. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(12), 8448–8453. <https://doi.org/10.1073/pnas.112604099>
- Beszterczey, S., Nestor, P. G., Shirai, A., & Harding, S. (2013). Neuropsychology of decision making and psychopathy in high-risk ex-offenders. *Neuropsychology*, 27(4), 491–497. <https://doi.org/10.1037/a0033162>
- Bickel, W. K., Johnson, M. W., Koffarnus, M. N., MacKillop, J., & Murphy, J. G. (2014). The behavioral economics of substance use disorders: reinforcement pathologies and their repair. *Annual review of clinical psychology*, 10, 641–677. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-032813-153724>
- Bickel, W. K., Athamneh, L. N., Basso, J. C., Mellis, A. M., DeHart, W. B., Craft, W. H., & Pope, D. (2019). Excessive discounting of delayed reinforcers as a trans-disease process: Update on the state of the science. *Current opinion in psychology*, 30, 59–64. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2019.01.005>
- Bjørnebekk, G. (2007). Reinforcement sensitivity theory and major motivational and self-regulatory processes in children. *Personality and Individual Differences*, 43(8), 1980–1990. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2007.06.010>
- Blair R. J. (2001). Neurocognitive models of aggression, the antisocial personality disorders, and psychopathy. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 71(6), 727–731. <https://doi.org/10.1136/jnnp.71.6.727>
- Blair R. J. (2016). The Neurobiology of Impulsive Aggression. *Journal of child and adolescent psychopharmacology*, 26(1), 4–9. <https://doi.org/10.1089/cap.2015.0088>
- Blanchard, R. J., & Blanchard, D. C. (1989). Antipredator defensive behaviors in a visible burrow system. *Journal of Comparative Psychology*, 103(1), 70–82. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.103.1.70>
- Block, R. A., Hancock, P. A., & Zakay, D. (2010). How cognitive load affects duration judgments: A meta-analytic review. *Acta Psychologica*, 134(3), 330–343. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.03.006>

- Boecker, L., & Pauli, P. (2019). Affective startle modulation and psychopathology: Implications for appetitive and defensive brain systems. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 103, 230–266. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.05.019>
- Bouchard, T. J. (1994). Genes, Environment, and Personality. *Science*, 264(5166), 1700–1701. <https://doi.org/10.1126/science.8209250>
- Bowman, C. H., Evans, C. E. Y., & Turnbull, O. H. (2005). Artificial time constraints on the Iowa Gambling Task: The effects on behavioral performance and subjective experience. *Brain and Cognition*, 57, 21–25.
- Bradley, M. M., Cuthbert, B. N., & Lang, P. J. (1990). Startle reflex modification: Emotion or attention? *Psychophysiology*, 27, 513–422. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1990.tb01966.x>
- Bradley, M. M., Cuthbert, B. N., & Lang, P. J. (1991). Startle and Emotion: Lateral Acoustic Probes and the Bilateral Blink. *Psychophysiology*, 28(3), 285–295. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1991.tb02196.x>
- Bradley, M. M., Cuthbert, B. N., & Lang, P. J. (1993). Pictures as prepulse: Attention and emotion in startle modification. *Psychophysiology*, 30(5), 541–545. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1993.tb02079.x>
- Bradley, M. M., Lang, P. J., & Cuthbert, B. N. (1993). Emotion, novelty, and the startle reflex: Habituation in humans. *Behavioral Neuroscience*, 107(6), 970–980. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.107.6.970>
- Bradley, M. M., Cuthbert, B. N., & Lang, P. J. (1996). Picture media and emotion: Effects of a sustained affective context. *Psychophysiology*, 33(6), 662–670. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1996.tb02362.x>
- Bradley, M. M., Cuthbert, B. N., & Lang, P. J. (1999). Affect and the Startle Reflex. In *Startle Modification* (pp. 157–184). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511665523.010>
- Bradley, M. M. (2000). Emotion and motivation. In J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, & G. G. Berntson (Eds.), *Handbook of psychophysiology* (pp. 602–642). Cambridge University Press.

- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (2000). Affective reactions to acoustic stimuli. *Psychophysiology*, 37(2), 204–215. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3720204>
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (2000). Measuring emotion: Behavior, feeling and physiology. R. D. Lane, & L. Nadel (Eds.), *Cognitive neuroscience of emotion* (pp. 106-128). New York: Oxford University Press.
- Bradley, M. M., Codispoti, M., Cuthbert, B. N., & Lang, P. J. (2001). Emotion and motivation I: Defensive and appetitive reactions in picture processing. *Emotion*, 1(3), 276–298. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.1.3.276>
- Bradley, M. M., Codispoti, M., Sabatinelli, D., & Lang, P. J. (2001)b. Emotion and motivation II: Sex differences in picture processing. *Emotion*, 1, 300-319.
- Bradley, M. M., Codispoti, M., & Lang, P. J. (2006). A multi-process account of startle modulation during affective perception. *Psychophysiology*, 43(5), 486–497. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2006.00412.x>
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (2007). The International Affective Picture System (IAPS) in the Study of Emotion and Attention. In J. A. Coan, & J. J. B. Allen (Eds.), *Handbook of emotion elicitation and assessment* (pp. 29-46). London: Oxford University Press.
- Bradley, M. M. (2009). Natural selective attention: orienting and emotion. *Psychophysiology*, 46, 1–11. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2008.00702.x>
- Bradley, M. M., Zlata, Z. Z., & Lang, P. J. (2018). Startle reflex modulation during threat of shock and "threat" of reward. *Psychophysiology*, 55(2), 10.1111/psyp.12989. <https://doi.org/10.1111/psyp.12989>
- Brand, M., Grabenhorst, F., Starcke, K., Vandekerckhove, M. M. P., & Markowitsch, H. J. (2007). Role of the amygdala in decisions under ambiguity and decisions under risk: Evidence from patients with Urbach-Wiethe disease. *Neuropsychologia*, 45(6), 1305–1317. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.09.021>
- Brand, M., Recknor, E. C., Grabenhorst, F., & Bechara, A. (2007). Decisions under ambiguity and decisions under risk: Correlations with executive functions and comparisons of two different gambling tasks with implicit and explicit rules.

- Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 29(1), 86–99.
<https://doi.org/10.1080/13803390500507196>
- Brevers, D., Bechara, A., Cleeremans, A., & Noël, X. (2013). Iowa Gambling Task (IGT): twenty years after gambling disorder and IGT. *Frontiers in Psychology*, 4.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00665>
- Bringas Molleda, C., Rodríguez Díaz, F. J., & Villa Moral Jiménez, M. de la. (2010). Consumo de drogas en población reclusa. Relación diferencial entre abuso de sustancias psicoactivas y reincidencia. *Salud y drogas*, 10(2), 67-90
- Bringas Molleda, C., Rodriguez Diaz, F. J., de la Villa Moral Jimenez, M., Perez Sanchez, B., & Ovejero Bernal, A. (2012). Comportamiento delictivo reincidente. Análisis diferencial de la variable edad. *Revista Interamericana de Psicología/Interamerican Journal of Psychology*, 46(3), 365-374.
- Brockmeyer, T., Pellegrino, J., Maier, C., Münch, H. M., Harmer, C. J., Walther, S., Herzog, W., & Friederich, H. C. (2019). Blunted emotion-modulated startle reflex in anorexia nervosa. *The International journal of eating disorders*, 52(3), 270–277.
<https://doi.org/10.1002/eat.23022>
- Broomhall, L. (2005). Acquired Sociopathy: A Neuropsychological Study of Executive Dysfunction in Violent Offenders. *Psychiatry, Psychology and Law*, 12(2), 367–387. <https://doi.org/10.1375/pplt.12.2.367>
- Brown, J. S., Kalish, H. I., & Farber, I. E. (1951). Conditioned fear as revealed by magnitude of startle response to an auditory stimulus. *Journal of Experimental Psychology*, 41(5), 317–328. <https://doi.org/10.1037/h0060166>
- Bruni, A., Martino, I., Caligiuri, M. E., Vaccaro, M. G., Trimboli, M., Segura Garcia, C., De Fazio, P., Gambardella, A., & Labate, A. (2019). Psychiatric Assessment in Patients with Mild Temporal Lobe Epilepsy. *Behavioural Neurology*, 2019, 1–9.
<https://doi.org/10.1155/2019/4139404>
- Bublitzky, F., Guerra, P. M., Pastor, M. C., Schupp, H. T., & Vila, J. (2013). Additive Effects of Threat-of-Shock and Picture Valence on Startle Reflex Modulation. *PLoS ONE*, 8(1), e54003. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054003>

- Buckels, E. E., Williams, D. A., Trapnell, P. D., Kermani Koosheh, S., Javra, O. M., & Svenne, S. C. (2023). Blunted startle reactivity in everyday sadism and psychopathy. *Scientific reports*, 13(1), 14216. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41043-2>
- Buelow, M. T., Frakey, L. L., Grace, J., & Friedman, J. H. (2014). The Contribution of Apathy and Increased Learning Trials to Risky Decision-Making in Parkinson's Disease. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 29(1), 100–109. <https://doi.org/10.1093/arclin/act065>
- Bull, P. N., Tippet, L. J., & Addis, D. R. (2015). Decision making in nonclinical participants on the Iowa Gambling Task: new insights from an operant approach. *Frontiers in psychology*, 6, 391. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00391>
- Cahill, L., & McGaugh, J. L. (1990). Amygdaloid complex lesions differentially affect retention of tasks using appetitive and aversive reinforcement. *Behavioral Neuroscience*, 104(4), 532–543. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.104.4.532>
- Cahill, L., Babinsky, R., Markowitsch, H. J., & McGaugh, J. L. (1995). The amygdala and emotional memory. *Nature*, 377(6547), 295–296. <https://doi.org/10.1038/377295a0>
- Camille, N., Coricelli, G., Sallet, J., Pradat-Diehl, P., Duhamel, J.-R., & Sirigu, A. (2004). The Involvement of the Orbitofrontal Cortex in the Experience of Regret. *Science*, 304(5674), 1167–1170. <https://doi.org/10.1126/science.1094550>
- Campbell, B. A., Wood, G., & McBride, T. (1997). Origins of orienting and defensive responses: An evolutionary perspective. In P. J. Lang, R. F. Simons, & M. T. Balaban (Eds.), *Attention and orienting: Sensory and motivational processes* (pp. 41–67). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cardona-Isaza, A. D. J., Jiménez, S. V., and Montoya-Castilla, I. (2022). Decision-making Styles in Adolescent Offenders and Non-offenders: Effects of Emotional Intelligence and Empathy. *Anuario de Psicología Jurídica*, 32(1), 51 - 60. <https://doi.org/10.5093/apj2021a23>
- Carvalho, J. L., da Rocha, A. F., de Oliveira Nascimento, F. A., Neto, J. S., & Junqueira, L. F. (2002). Development of a Matlab software for analysis of heart rate

- variability. 6th International Conference on Signal Processing, 2, 1488–1491. <https://doi.org/10.1109/ICOSP.2002.1180076>
- Caroselli, J. S., Hiscock, M., Scheibel, R. S., & Ingram, F. (2006). The Simulated Gambling Paradigm Applied to Young Adults: An Examination of University Students' Performance. *Applied Neuropsychology*, 13(4), 203–212. https://doi.org/10.1207/s15324826an1304_1
- Carlson, S. M., Koenig, M. A., & Harms, M. B. (2013). Theory of mind. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 4(4), 391–402. <https://doi.org/10.1002/wcs.1232>
- Carvalho, J. L., da Rocha, A. F., de Oliveira Nascimento, F. A., Neto, J. S., & Junqueira, L. F. (2002). Development of a Matlab software for analysis of heart rate variability. 6th International Conference on Signal Processing, 2, 1488–1491. <https://doi.org/10.1109/ICOSP.2002.1180076>
- Cavedini, P., Riboldi, G., Keller, R., D'Annuncci, A., & Bellodi, L. (2002). Frontal lobe dysfunction in pathological gambling patients. *Biological Psychiatry*, 51(4), 334–341. [https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(01\)01227-6](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(01)01227-6)
- Center for the Study of Emotion and Attention [CSEA-NIMH] (1994). The International Affective Picture System: Photographic slides. Gainesville, Florida: The Center for Research in Psychophysiology, University of Florida.
- Chaguendo-Quintero, M. A., Quintero-Monjes, D., Cuervo, M. T., & Sanabria-Mazo, J. P. (2023). Alterations in executive functions in inmates convicted for violent behavior: a systematic review. *Frontiers in psychology*, 14, 1066474. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1066474>
- Cherek, D. R., Moeller, F. G., Dougherty, D. M., & Rhoades, H. (1997). Studies of violent and nonviolent male parolees: II. Laboratory and psychometric measurements of impulsivity. *Biological Psychiatry*, 41(5), 523–529. [https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(96\)00426-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(96)00426-X)
- Cloninger, C. R., Przybeck, T. R., & Svrakic, D. M. (1991). The Tridimensional Personality Questionnaire: U.S. Normative Data. *Psychological Reports*, 69(3), 1047–1057. <https://doi.org/10.2466/pr0.1991.69.3.1047>

- Cloninger, R., Svrakic, D., & Przybeck, T. (1993). A psychobiological model of temperament and character. *Archives of General Psychiatry*, 50, 975-990.
- Cloninger, C. R., Przybeck, T. R., Svrakic, D. M., & Wetzel, R. D. (1994). *The Temperament and Character Inventory (TCI): A guide to its development and use*. St Louis, MO: Center for Psychobiology of Personality, Washington University
- Cloninger. (1999). *The Temperament and Character Inventory–Revised*. Center for Psychobiology of Personality, Washington University.
- Codispoti, M., Bradley, M. M., & Lang, P. J. (2001). Affective reactions to briefly presented pictures. *Psychophysiology*, 38, 474–478. doi: 10.1111/1469-8986.3830474
- Collins, A. G. E., & Cockburn, J. (2020). Beyond dichotomies in reinforcement learning. *Nature Reviews Neuroscience*, 21(10), 576–586. <https://doi.org/10.1038/s41583-020-0355-6>
- Contreras, D., Catena, A., Cándido, A., Perales, J. C. & Maldonado, A., (2007). Funciones de la corteza prefrontal ventromedial en la toma de decisiones emocionales. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 8 (1), 285-313.
- Conzelmann, A., McGregor, V., & Pauli, P. (2015). Emotion regulation of the affect-modulated startle reflex during different picture categories. *Psychophysiology*, 52(9), 1257–1262. <https://doi.org/10.1111/psyp.12450>
- Cook, E. W., Davis, T. L., Hawk, L. W., Spence, E. L., & Gautier, C. H. (1992). Fearfulness and Startle Potentiation during Aversive Visual Stimuli. *Psychophysiology*, 29(6), 633–645. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1992.tb02038.x>
- Cook, E. y Turpin, G. (1997). Differentiating orienting, startle and defense responses: The role of affect and its implications for psychopathology. En P. J. Lang, R. F. Simons y M. T. Balaban (Eds.), *Attention and orienting: Sensory and motivational processes* (pp.137- 164). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Crone, E. A., Somsen, R. J. M., van Beek, B., & van der Molen, M. W. (2004). Heart rate and skin conductance analysis of antecedents and consequences of decision

- making. *Psychophysiology*, 41(4), 531–540. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2004.00197.x>
- Crone, E. A., Bunge, S. A., de Klerk, P., & van der Molen, M. W. (2005). Cardiac concomitants of performance monitoring: Context dependence and individual differences. *Cognitive Brain Research*, 23(1), 93–106. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2005.01.009>
- Cuthbert, B. N., Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1996). Probing picture perception: Activation and emotion. *Psychophysiology*, 33(2), 103–111. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1996.tb02114.x>
- Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, M., McManis, M., & Lang, P. J. (1998). Probing affective pictures: Attended startle and tone probes. *Psychophysiology*, 35(3), 344–347. <https://doi.org/10.1017/S0048577298970536>
- Damasio, A. R. (1989). Time-locked multiregional retroactivation: a systems-level proposal for the neural substrates of recall and recognition. *Cognition*, 33(1-2), 25–62. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(89\)90005-x](https://doi.org/10.1016/0010-0277(89)90005-x)
- Damasio, A. R., Tranel, D., & Damasio, H. (1990). Individuals with sociopathic behavior caused by frontal damage fail to respond autonomically to social stimuli. *Behavioural brain research*, 41(2), 81–94. [https://doi.org/10.1016/0166-4328\(90\)90144-4](https://doi.org/10.1016/0166-4328(90)90144-4)
- Damasio, A. R., Tranel, D., & Damasio, H. C. (1991). Somatic markers and the guidance of behavior: Theory and preliminary testing. In H. S. Levin, H. M. Eisenberg, & A. L. Benton (Eds.), *Frontal lobe function and dysfunction* (pp. 217–229). Oxford University Press.
- Damasio, A. R. (1994). *Descartes' Error: Emotion, Reason and the Human Brain*. G. P. Putman's Sons.
- Damasio, A. R. (1996). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 351(1346), 1413–1420.

- Damasio, A. R. (1998). Emotion in the perspective of an integrated nervous system. *Brain Research Reviews*, 26(2-3), 83–86. [https://doi.org/10.1016/S0165-0173\(97\)00064-7](https://doi.org/10.1016/S0165-0173(97)00064-7)
- Damasio, A. R. (2004). Emotions and Feelings: A Neurobiological Perspective. In A. S. R. Manstead, N. Frijda, & A. Fischer (Eds.), *Feelings and emotions: The Amsterdam symposium* (pp. 49–57). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511806582.004>
- Davidson, R. J. (2000). The functional neuroanatomy of affective style. En R. D. Lane y L. Nadel (Eds.). *Cognitive Neuroscience of Emotion* (pp. 371-388). New York: Oxford University Press.
- Davidson, R. J., Putnam, K. M., & Larson, C. L. (2000). Dysfunction in the Neural Circuitry of Emotion Regulation--A Possible Prelude to Violence. *Science*, 289(5479), 591–594. <https://doi.org/10.1126/science.289.5479.591>
- Davidson, R. J. (2003). Affective neuroscience and psychophysiology: Toward a synthesis. *Psychophysiology*, 40(5), 655–665. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00067>
- Davis, M. (1989). Sensitization of the acoustic startle reflex by footshock. *Behavioral Neuroscience*, 103(3), 495–503. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.103.3.495>
- Davis, M. (1992). The Role of the Amygdala in Fear and Anxiety. *Annual Review of Neuroscience*, 15(1), 353–375. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.15.030192.002033>
- Davis, M., Hitchcock, J. M., & Rosen, J. R. (1992). Anxiety and the amygdala: Pharmacological and anatomical analysis of fear-potentiated startle. En C. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*. San Diego: Academic Press.
- Davis, M., Hitchcock, J. M., & Rosen, J. B. (1992). A neural analysis of fear conditioning. In I. Gormezano & E. A. Wasserman (Eds.), *Learning and memory: The behavioral and biological substrates* (pp. 153–181). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

- Davis, M. (1997). Neurobiology of fear responses: the role of the amygdala. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 9(3), 382–402. <https://doi.org/10.1176/jnp.9.3.382>
- Davis, M. & Lang (2001). Emotional experience and emotion science. In M. Gallagher, & R. J. Nelson (Eds.), *Comprehensive handbook of psychology: Biological psychology* (Vol. 3). New York: Wiley.
- Davis, M., & Whalen, P. J. (2001). The amygdala: vigilance and emotion. *Molecular Psychiatry*, 6(1), 13–34. <https://doi.org/10.1038/sj.mp.4000812>
- Deák, G. O. (2003). The Development of Cognitive Flexibility and Language Abilities. In R. V. Kail (Ed.), *Advances in child development and behavior*, Vol. 31, pp. 271–327). Academic Press.
- De Brito, S. A., Viding, E., Sebastian, C. L., Kelly, P. A., Mechelli, A., Maris, H., & McCrory, E. J. (2013). Reduced orbitofrontal and temporal grey matter in a community sample of maltreated children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 54(1), 105–112. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2012.02597.x>
- De la Casa, L. G., Mena, A., & Ruiz-Salas, J. C. (2016). Effect of stress and attention on startle response and prepulse inhibition. *Physiology & behavior*, 165, 179–186. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.07.022>
- De Martino, B., Camerer, C. F., & Adolphs, R. (2010). Amygdala damage eliminates monetary loss aversion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(8), 3788–3792. <https://doi.org/10.1073/pnas.0910230107>
- Denburg, N. L., Tranel, D., & Bechara, A. (2005). The ability to decide advantageously declines prematurely in some normal older persons. *Neuropsychologia*, 43(7), 1099–1106. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.09.012>
- Deserno, L., & Hauser, T. U. (2020). Beyond a Cognitive Dichotomy: Can Multiple Decision Systems Prove Useful to Distinguish Compulsive and Impulsive Symptom Dimensions? *Biological psychiatry*, 88(10), e49–e51. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2020.03.004>

- Devinsky, O., Morrell, M. J., & Vogt, B. A. (1995). Contributions of anterior cingulate cortex to behaviour. *Brain*, 118(1), 279–306. <https://doi.org/10.1093/brain/118.1.279>
- De Wilde, B., Verdejo-García, A., Sabbe, B., Hulstijn, W., & Dom, G. (2013). Affective Decision-Making Is Predictive of Three-Month Relapse in Polysubstance-Dependent Alcoholics. *European Addiction Research*, 19(1), 21–28. <https://doi.org/10.1159/000339290>
- De Zorzi, L., Ranfaing, S., Honoré, J., & Sequeira, H. (2021). Autonomic reactivity to emotion: A marker of sub-clinical anxiety and depression symptoms? *Psychophysiology*, 58(4). <https://doi.org/10.1111/psyp.13774>
- Di Chiara, G. (1999). Drug addiction as dopamine-dependent associative learning disorder. *European Journal of Pharmacology*, 375(1–3), 13–30. [https://doi.org/10.1016/S0014-2999\(99\)00372-6](https://doi.org/10.1016/S0014-2999(99)00372-6)
- Di Chiara, G., Loddo, P., & Tanda, G. (1999). Reciprocal changes in prefrontal and limbic dopamine responsiveness to aversive and rewarding stimuli after chronic mild stress: implications for the psychobiology of depression. *Biological Psychiatry*, 46(12), 1624–1633. [https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(99\)00236-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(99)00236-X)
- Di Chiara, J. C. (2000). Mesolimbocortical and nigrostriatal dopamine responses to salient non-reward events. *Neuroscience*, 96(4), 651–656. [https://doi.org/10.1016/S0306-4522\(00\)00019-1](https://doi.org/10.1016/S0306-4522(00)00019-1)
- Dickinson, A., & Dearing, M. F. (1979). Appetitive-aversive interactions and inhibitory processes. En A. Dickinson, & R. A. Boakes (Eds), *Mechanisms of learning and motivation* (pp. 203-231). Hillsdale, N. J.; Lawrence Erlbaum.
- Dolan, P., Hallsworth, M., Halpern, D., King, D., Metcalfe, R., & Vlaev, I. (2012). Influencing behaviour: The mindspace way. *Journal of Economic Psychology*, 33(1), 264–277. <https://doi.org/10.1016/j.joep.2011.10.009>
- Dreher, J. C., & Tremblay, L. (Eds.). (2009). *Handbook of Reward and Decision Making* (1st ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-61823-0>

- Dunning, J. P., DelDonno, S., & Hajcak, G. (2013). The effects of contextual threat and anxiety on affective startle modulation. *Biological Psychology*, 94(1), 130–135. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.05.013>
- Duval, E. R., Lovelace, C. T., Aarant, J., & Fillion, D. L. (2013). The time course of face processing: startle eyeblink response modulation by face gender and expression. *International journal of psychophysiology : official journal of the International Organization of Psychophysiology*, 90(3), 354–357. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.08.006>
- Ehrlichman, H., Brown, S., Zhu, J., & Warrenburg, S. (1995). Startle reflex modulation during exposure to pleasant and unpleasant odors. *Psychophysiology*, 32(2), 150–154. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1995.tb03306.x>
- Eisenberg, N., Cumberland, A., Spinrad, T. L., Fabes, R. A., Shepard, S. A., Reiser, M., Murphy, B. C., Losoya, S. H., & Guthrie, I. K. (2001). The Relations of Regulation and Emotionality to Children's Externalizing and Internalizing Problem Behavior. *Child Development*, 72(4), 1112–1134. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00337>
- Ernst, M., & Paulus, M. P. (2005). Neurobiology of Decision Making: A Selective Review from a Neurocognitive and Clinical Perspective. *Biological Psychiatry*, 58(8), 597–604. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.06.004>
- Esbec Rodriguez, E., & Echeburúa Odriozola, E. (2011). La reformulación de los trastornos de la personalidad en el DSM-V. *Actas de Psiquiatría*, 39 (1), 1-11.
- Esteller, À., Poy, R., & Moltó, J. (2016). Deficient aversive-potentiated startle and the triarchic model of psychopathy: The role of boldness. *Biological Psychology*, 117, 131–140. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.03.012>
- Etkin, A., Büchel, C., & Gross, J. J. (2015). The neural bases of emotion regulation. *Nature reviews. Neuroscience*, 16(11), 693–700. <https://doi.org/10.1038/nrn4044>
- Etter, J. F., Kozlowski, L. T., & Perneger, T. v. (2003). What smokers believe about light and ultralight cigarettes. *Preventive Medicine*, 36(1), 92–98. <https://doi.org/10.1006/pmed.2002.1129>

- Everitt, B. J., & Robbins, T. W. (1992). Amygdala-ventral striatal interactions and reward-related processes. In J. P. Aggleton (Ed.), *The amygdala: Neurobiological aspects of emotion, memory, and mental dysfunction* (pp. 401–429). Wiley-Liss.
- Everitt, B. J., Dickinson, A., & Robbins, T. W. (2001). The neuropsychological basis of addictive behaviour. *Brain Research Reviews*, 36(2–3), 129–138. [https://doi.org/10.1016/S0165-0173\(01\)00088-1](https://doi.org/10.1016/S0165-0173(01)00088-1)
- Fanselow, M. S. (1994). Neural organization of the defensive behavior system responsible for fear. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1(4), 429–438. <https://doi.org/10.3758/BF03210947>
- Farmer, R. F. (2005). Temperament, reward and punishment sensitivity, and clinical disorders: Implications for behavioral case formulation and therapy. *International Journal of Behavioral Consultation and Therapy*, 1(1), 56–76. <https://doi.org/10.1037/h0100735>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*, 39 (2), 175–191. <https://doi.org/10.3758/bf03193146>
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41(4), 1149–1160. <https://doi.org/10.3758/BRM.41.4.1149>
- Fellows, L. K., & Farah, M. J. (2003). Ventromedial frontal cortex mediates affective shifting in humans: evidence from a reversal learning paradigm. *Brain : a journal of neurology*, 126(Pt 8), 1830–1837. <https://doi.org/10.1093/brain/awg180>
- Fellows, L. K. (2004). The Cognitive Neuroscience of Human Decision Making: A Review and Conceptual Framework. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 3(3), 159-172. <https://doi.org/10.1177/1534582304273251>
- Fellows, L. K., & Farah, M. J. (2005). Dissociable elements of human foresight: a role for the ventromedial frontal lobes in framing the future, but not in discounting future rewards. *Neuropsychologia*, 43(8), 1214–1221. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.07.018>

- Fellows, P.J. (2006) *Technology Food Processing: Principles and Practice*. Editora Artmed, São Paulo.
- Fendt, M., & Fanselow, M. S. (1999). The neuroanatomical and neurochemical basis of conditioned fear. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 23(5), 743–760. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(99\)00016-0](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(99)00016-0)
- Fernandez-Duque, D., & Posner, M. I. (2001). Brain Imaging of Attentional Networks in Normal and Pathological States. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 23(1), 74–93. <https://doi.org/10.1076/jcen.23.1.74.1217>
- Fernie, G., & Tunney, R. J. (2006). Some decks are better than others: The effect of reinforcer type and task instructions on learning in the Iowa Gambling Task. *Brain and Cognition*, 60(1), 94–102. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2005.09.011>
- Fernie G. (2007). Factors affecting learning and decision-making in the iowa gambling task (Doctoral dissertation). University of Nottingham, Nottingham, United Kingdom
- Filion, D. L., Dawson, M. E., & Schell, A. M. (1998). The psychological significance of human startle eyeblink modification: a review. *Biological Psychology*, 47(1), 1–43. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(97\)00020-3](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(97)00020-3)
- Fossati, A., Cloninger, C. R., Villa, D., Borroni, S., Grazioli, F., Giarolli, L., Battaglia, M., & Maffei, C. (2007). Reliability and validity of the Italian version of the Temperament and Character Inventory-Revised in an outpatient sample. *Comprehensive Psychiatry*, 48(4), 380–387. <https://doi.org/10.1016/j.comppsy.2007.02.003>
- Fraser, K. M., & Janak, P. H. (2019). How Does Drug Use Shift the Balance Between Model-Based and Model-Free Control of Decision Making? *Biological psychiatry*, 85(11), 886–888. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2019.04.016>
- Friedman, B. H., & Thayer, J. F. (1998). Anxiety and autonomic flexibility: a cardiovascular approach. *Biological psychology*, 47(3), 243–263. [https://doi.org/10.1016/s0301-0511\(97\)00027-6](https://doi.org/10.1016/s0301-0511(97)00027-6)
- Friedmann, P. D., Melnick, G., Jiang, L., & Hamilton, Z. (2008). Violent and disruptive behavior among drug-involved prisoners: relationship with psychiatric

- symptoms. *Behavioral sciences & the law*, 26(4), 389–401.
<https://doi.org/10.1002/bsl.824>
- Frijda, N. H. (1986). *The Emotions*. Cambridge & New York: Cambridge University Press.
- Frijda, N. H. (1987). Emotion, cognitive structure, and action tendency. *Cognition and emotion*, 1 (2), 115-143.
- Gantiva Díaz, C. A., Guerra Muñoz, P., & Vila Castellar, J. (2011). Validación colombiana del sistema internacional de imágenes afectivas: evidencias del origen transcultural de la emoción. *Acta Colombiana de Psicología*, 14(2), 103–111.
<https://actacolombianapsicologia.ucatolica.edu.co/article/view/349>
- Gantiva, C., Guerra, P., & Vila, J. (2014). Modulación del reflejo de sobresalto en población colombiana: Evidencia de la interacción entre emoción y motivación. *Universitas Psychologica*, 14(1). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy14-1.mrsp>
- Gantiva, C., & Camacho, K. (2016). Características de la respuesta emocional generada por las palabras: un estudio experimental desde la emoción y la motivación. *Psychologia: Avances de la Disciplina*, 10(2), 55-62.
- Garris, P. A., & Rebec, G. V. (2002). Modeling fast dopamine neurotransmission in the nucleus accumbens during behavior. *Behavioural Brain Research*, 137(1–2), 47–63. [https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(02\)00284-X](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(02)00284-X)
- Genet, J. J., & Siemer, M. (2011). Flexible control in processing affective and non-affective material predicts individual differences in trait resilience. *Cognition & Emotion*, 25(2), 380–388. <https://doi.org/10.1080/02699931.2010.491647>
- Glenn, C. R., Blumenthal, T. D., Klonsky, E. D., & Hajcak, G. (2011). Emotional reactivity in nonsuicidal self-injury: Divergence between self-report and startle measures. *International Journal of Psychophysiology*, 80(2), 166–170.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.02.016>
- Gold, J. I., & Shadlen, M. N. (2007). The neural basis of decision making. *Annual Review of Neuroscience*, 30, 535–574.

- Goldberger, A. L. (1998). *Clinical Electrocardiography: A Simplified Approach* (7th ed.). Chest, 113, 203-209.
- Goncalves, D. M., & Cloninger, C. R. (2010). Validation and normative studies of the Brazilian Portuguese and American versions of the Temperament and Character Inventory Revised (TCI-R). *Journal of Affective Disorders*, 124(1–2), 126–133. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2009.11.007>
- Goudriaan, A. E., Oosterlaan, J., de Beurs, E., & van den Brink, W. (2006). Psychophysiological determinants and concomitants of deficient decision making in pathological gamblers. *Drug and Alcohol Dependence*, 84(3), 231–239. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2006.02.007>
- Graham, F. K., & Clifton, R. K. (1966). Heart-rate change as a component of the orienting response. *Psychological Bulletin*, 65(5), 305–320. <https://doi.org/10.1037/h0023258>
- Graham, F. K. (1979). Distinguishing among orienting, defense and startle reflexes. En H. D. Kimmel, E. H. van Olst & J.F. Orlebeke (Eds.). *The Orienting Reflex in Humans* (pp. 137-167). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Graham, F. K., & Hackley, S. A. (1991). Passive and active attention to input. In J. R. Jennings & M. G. H. Coles (Eds.), *Handbook of cognitive psychophysiology: Central and autonomic nervous system approaches* (pp. 251–356). John Wiley & Sons.
- Greenwald, M. K., Cook, E. W., & Lang, P. J. (1989). Affective Judgment and Psychophysiological Response: Dimensional Covariation in the Evaluation of Pictorial Stimuli. *Journal of Psychophysiology*, 3, 51-64.
- Grillon, C., Sinha, R., & O'Malley, S. S. (1994). Effects of ethanol on the acoustic startle reflex in humans. *Psychopharmacology*, 114(1), 167–171. <https://doi.org/10.1007/BF02245459>
- Grillon C. (2002). Startle reactivity and anxiety disorders: aversive conditioning, context, and neurobiology. *Biological psychiatry*, 52(10), 958–975. [https://doi.org/10.1016/s0006-3223\(02\)01665-7](https://doi.org/10.1016/s0006-3223(02)01665-7)

- Grillon, C., & Baas, J. (2003). A review of the modulation of the startle reflex by affective states and its application in psychiatry. *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 114(9), 1557–1579. [https://doi.org/10.1016/s1388-2457\(03\)00202-5](https://doi.org/10.1016/s1388-2457(03)00202-5)
- Groman, S. M., Keistler, C., Keip, A. J., Hammarlund, E., DiLeone, R. J., Pittenger, C., Lee, D., & Taylor, J. R. (2019). Orbitofrontal Circuits Control Multiple Reinforcement-Learning Processes. *Neuron*, 103(4), 734-746.e3. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2019.05.042>
- Gross, J. J., & Levenson, R. W. (1995). Emotion elicitation using films. *Cognition & Emotion*, 9(1), 87–108. <https://doi.org/10.1080/02699939508408966>
- Gross, J. J. (1998). Antecedent and response-focused emotion regulation: Divergent consequences for experience, expression, and physiology. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74(1), 224–237. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.74.1.224>
- Gross, J. J., & John, O. P. (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: Implications for affect, relationships, and well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85(2), 348–362. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.85.2.348>
- Gross, J. J., & Jazaieri, H. (2014). Emotion, emotion regulation, and psychopathology: An affective science perspective. *Clinical Psychological Science*, 2(4), 387–401. <https://doi.org/10.1177/2167702614536164>
- Gueguen, M., Schweitzer, E. M., & Konova, A. B. (2021). Computational theory-driven studies of reinforcement learning and decision-making in addiction: What have we learned? *Current opinion in behavioral sciences*, 38, 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2020.08.007>
- Gusnard, D. A., Ollinger, J. M., Shulman, G. L., Cloninger, C. R., Price, J. L., Van Essen, D. C., & Raichle, M. E. (2003). Persistence and brain circuitry. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(6), 3479–3484. <https://doi.org/10.1073/pnas.0538050100>
- Gutiérrez-Zotes, J. A., Bayón, C., Montserrat, C., Valero, J., Labad, A., Cloninger, C. R., & Fernández-Aranda, F. (2004). *Inventario del Temperamento y el Carácter-*

- Revisado (TCI-R). Baremación y datos normativos en una muestra de población general [Temperament and character inventory revised (TCI-R). Standardization and normative data in a general population sample]. *Actas Españolas de Psiquiatría*, 32(1), 8–15.
- Gutiérrez-Zotes, J. A., Cortés, M. J., Valero, J., Peña, J., & Labad, A. (2005). Psychometric properties of the abbreviated Spanish version of TCI-R (TCI-140) and its relationship with the Psychopathological Personality Scales (MMPI-2 PSY-5) in patients. *Actas españolas de psiquiatria*, 33(4), 231–237.
- Haerich, P. (1994). Startle Reflex Modification: Effects of Attention Vary With Emotional Valence. *Psychological Science*, 5(6), 407–410. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1994.tb00294.x>
- Hamilton, K. R., & Potenza, M. N. (2012). Relations among delay discounting, addictions, and money mismanagement: implications and future directions. *The American journal of drug and alcohol abuse*, 38(1), 30–42. <https://doi.org/10.3109/00952990.2011.643978>
- Hamm, A. O., Globisch, J., Weilke, A. y Wietlacke, M. (1993). Habituation and startle modulation: Persistence of fear in simple phobics [Abstract]. *Psychophysiology*, 30, S13.
- Hantsoo, L., Golden, C. E. M., Kornfield, S., Grillon, C., & Epperson, C. N. (2018). Startling Differences: Using the Acoustic Startle Response to Study Sex Differences and Neurosteroids in Affective Disorders. *Current psychiatry reports*, 20(6), 40. <https://doi.org/10.1007/s11920-018-0906-y>
- Hare, R., Wood, K., Britain, S., & Shadman, J. (1970). Autonomic responses to affective visual stimulation. *Psychophysiology*, 7(3), 408–417. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1970.tb01766.x>
- Hare, R. D. (1973). Orienting and Defensive Responses to Visual Stimuli. *Psychophysiology*, 10 (5), 453–464. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1973.tb00532.x>
- Harmon-Jones, E., & Peterson, C. K. (2008). Effect of trait and state approach motivation on aggressive inclinations. *Journal of Research in Personality*, 42(5), 1381–1385. <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2008.05.001>

- Hay, J., & Mimura, N. (2006). Supporting climate change vulnerability and adaptation assessments in the Asia-Pacific region: an example of sustainability science. *Sustainability Science*, 1(1), 23–35. <https://doi.org/10.1007/s11625-006-0011-8>
- Hayes, W. M., & Wedell, D. H. (2020). Autonomic Responses to Choice Outcomes: Links to Task Performance and Reinforcement-Learning Parameters. *Biological Psychology*, 156, 107968.
- Heatherton T. F. (2011). Neuroscience of self and self-regulation. *Annual review of psychology*, 62, 363–390. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.121208.131616>
- Heberlein, A. S., Padon, A. A., Gillihan, S. J., Farah, M. J., & Fellows, L. K. (2008). Ventromedial Frontal Lobe Plays a Critical Role in Facial Emotion Recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(4), 721–733. <https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20049>
- Helion, C., Krueger, S. M., & Ochsner, K. N. (2019). Emotion regulation across the life span. *Handbook of clinical neurology*, 163, 257–280. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804281-6.00014-8>
- Herman, A. M., Esposito, G., & Tsakiris, M. (2021). Body in the face of uncertainty: The role of autonomic arousal and interoception in decision-making under risk and ambiguity. *Psychophysiology*, 58(8). <https://doi.org/10.1111/psyp.13840>
- Herpertz, S. C., Werth, U., Lukas, G., Qunaibi, M., Schuerkens, A., Kunert, H. J., Freese, R., Flesch, M., Mueller-Isberner, R., Osterheider, M., & Sass, H. (2001). Emotion in criminal offenders with psychopathy and borderline personality disorder. *Archives of general psychiatry*, 58(8), 737–745. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.58.8.737>
- Hoaken, P. N. S., Shaughnessy, V. K., & Pihl, R. O. (2003). Executive cognitive functioning and aggression: Is it an issue of impulsivity? *Aggressive Behavior*, 29(1), 15–30. <https://doi.org/10.1002/ab.10023>
- Huizenga, H. M., Crone, E. A., & Jansen, B. J. (2007). Decision-making in healthy children, adolescents and adults explained by the use of increasingly complex proportional reasoning rules. *Developmental Science*, 10(6), 814–825. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00621.x>

- IBM Corp. (2016). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Ikemoto, S., & Panksepp, J. (1999). The role of nucleus accumbens dopamine in motivated behavior: a unifying interpretation with special reference to reward-seeking. *Brain Research Reviews*, 31(1), 6–41. [https://doi.org/10.1016/S0165-0173\(99\)00023-5](https://doi.org/10.1016/S0165-0173(99)00023-5)
- Insel, T. R., & Cuthbert, B. N. (2015). Brain disorders? Precisely. *Science*, 348(6234), 499–500. <https://doi.org/10.1126/science.aab2358>
- Jaksic, N., Aukst-Margetic, B., Rózsa, S., Brajkovic, L., Jovanovic, N., Vuksan-Cusa, B., Grubisin, J., Kudlek-Mikulic, S., Jevtovic, S., Marcinko, D., Svrakic, D. M., & Jakovljevic, M. (2015). Psychometric properties and factor structure of the Temperament and Character Inventory-Revised (TCI-R) in a Croatian psychiatric outpatient sample. *Comprehensive Psychiatry*, 57, 177–186. <https://doi.org/10.1016/j.comppsy.2014.10.016>
- Jansen, D. M., & Fridja, N. H. (1994). Modulation of the acoustic startle response by film-induced fear and sexual arousal. *Psychophysiology*, 31(6), 565–571. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1994.tb02349.x>
- Jean-Richard-Dit-Bressel, P., Killcross, S., & McNally, G. P. (2018). Behavioral and neurobiological mechanisms of punishment: implications for psychiatric disorders. *Neuropsychopharmacology : official publication of the American College of Neuropsychopharmacology*, 43(8), 1639–1650. <https://doi.org/10.1038/s41386-018-0047-3>
- Jollant, F., Bellivier, F., Leboyer, M., Astruc, B., Torres, S., Verdier, R., Castelnau, D., Malafosse, A., & Courtet, P. (2005). Impaired Decision Making in Suicide Attempters. *American Journal of Psychiatry*, 162(2), 304–310. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.162.2.304>
- Josefsson, K., Jokela, M., Cloninger, C. R., Hintsanen, M., Salo, J., Hintsanen, T., Pulkki-Råback, L., & Keltikangas-Järvinen, L. (2013). Maturity and change in personality: Developmental trends of temperament and character in adulthood. *Development and Psychopathology*, 25(3), 713–727. <https://doi.org/10.1017/S0954579413000126>

- Jurado-Barba, R., Duque, A., López-Trabada, J. R., Martínez-Gras, I., García-Gutiérrez, M. S., Navarrete, F., López-Muñoz, F., Jiménez-Arriero, M. Á., Ávila, C., Manzanares, J., & Rubio, G. (2017). The Modulation of the Startle Reflex as Predictor of Alcohol Use Disorders in a Sample of Heavy Drinkers: A 4-Year Follow-Up Study. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 41(6), 1212–1219. <https://doi.org/10.1111/acer.13399>
- Kalin, N. H. (1993). The Neurobiology of Fear. *Scientific American*, 268(5), 94–101. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0593-944>
- Kalman, D., Hoskinson, R., Sambamoorthi, U., & Garvey, A. J. (2010). A prospective study of persistence in the prediction of smoking cessation outcome: Results from a randomized clinical trial. *Addictive Behaviors*, 35(2), 179–182. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2009.09.017>
- Karlsson, Å., Berggren, M., Gustafson, Y., Olofsson, B., Lindelöf, N., & Stenvall, M. (2016). Effects of Geriatric Interdisciplinary Home Rehabilitation on Walking Ability and Length of Hospital Stay After Hip Fracture: A Randomized Controlled Trial. *Journal of the American Medical Directors Association*, 17(5), 464.e9-464.e15. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2016.02.001>
- Kastner, L., Kube, J., Villringer, A., & Neumann, J. (2017). Cardiac Concomitants of Feedback and Prediction Error Processing in Reinforcement Learning. *Frontiers in Neuroscience*, 11. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00598>
- Kaviani, H., Gray, J. A., Checkley, S. A., Raven, P. W., Wilson, G. D., & Kumari, V. (2004). Affective modulation of the startle response in depression: influence of the severity of depression, anhedonia, and anxiety. *Journal of affective disorders*, 83(1), 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2004.04.007>
- Kedzior, K. K., Wehmann, E., & Martin-Iverson, M. (2016). Habituation of the startle reflex depends on attention in cannabis users. *BMC psychology*, 4(1), 50. <https://doi.org/10.1186/s40359-016-0158-8>
- Keltner, D., & Gross, J. J. (1999). Functional accounts of emotions. *Cognition and Emotion*, 13(5), 467–480. <https://doi.org/10.1080/026999399379140>
- Kenwood, M. M., Kalin, N. H., & Barbas, H. (2022). The prefrontal cortex, pathological anxiety, and anxiety disorders. *Neuropsychopharmacology : official publication*

- of the American College of Neuropsychopharmacology, 47(1), 260–275.
<https://doi.org/10.1038/s41386-021-01109-z>).
- Kim, M. J., Loucks, R. A., Palmer, A. L., Brown, A. C., Solomon, K. M., Marchante, A. N., & Whalen, P. J. (2011). The structural and functional connectivity of the amygdala: from normal emotion to pathological anxiety. *Behavioral brain research*, 223(2), 403–410. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2011.04.025>
- Kim, S. H., Yoon, H. S., Kim, H., & Hamann, S. (2014). Individual differences in sensitivity to reward and punishment and neural activity during reward and avoidance learning. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(9), 1219–1227. <https://doi.org/10.1093/scan/nsv007>
- Ko, C. H., Yen, J. Y., Chen, C. S., Yeh, Y. C., & Yen, C. F. (2009). Predictive values of psychiatric symptoms for internet addiction in adolescents: a 2-year prospective study. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, 163(10), 937–943. <https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2009.159>
- Koenigs, M., & Tranel, D. (2007). Irrational Economic Decision-Making after Ventromedial Prefrontal Damage: Evidence from the Ultimatum Game. *The Journal of Neuroscience*, 27(4), 951–956. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4606-06.2007>
- Kohler, C. G., Hoffman, L. J., Eastman, L. B., Healey, K., & Moberg, P. J. (2011). Facial emotion perception in depression and bipolar disorder: a quantitative review. *Psychiatry research*, 188(3), 303–309. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2011.04.019>
- Konorski, J. (1967). *Integrative activity of the brain*. University of Chicago Press.
- Krajbich, I., Adolphs, R., Tranel, D., Denburg, N. L., & Camerer, C. F. (2009). Economic Games Quantify Diminished Sense of Guilt in Patients with Damage to the Prefrontal Cortex. *The Journal of Neuroscience*, 29(7), 2188–2192. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5086-08.2009>
- Krug, I., Granero, R., Giles, S., Riesco, N., Agüera, Z., Sánchez, I., Jiménez-Murcia, S., del Pino-Gutierrez, A., Codina, E., Baenas, I., Valenciano-Mendoza, E., Menchón, J. M., & Fernández-Aranda, F. (2020). A cluster analysis of purging disorder: Validation analyses with eating disorder symptoms, general

- psychopathology and personality. *European Eating Disorders Review*, 28(6), 643–656. <https://doi.org/10.1002/erv.2769>
- Kypriotakis, G., Cinciripini, P. M., & Versace, F. (2020). Modeling neuroaffective biomarkers of drug addiction: A Bayesian nonparametric approach using dirichlet process mixtures. *Journal of Neuroscience Methods*, 341. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2020.108753>
- LaBar, K. S., LeDoux, J. E., Spencer, D. D., & Phelps, E. A. (1995). Impaired fear conditioning following unilateral temporal lobectomy in humans. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 15(10), 6846–6855. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.15-10-06846.1995>
- Lacey, J. I., & Lacey, B. C. (1958). Verification and Extension of the Principle of Autonomic Response-Stereotypy. *The American Journal of Psychology*, 71(1), 50. <https://doi.org/10.2307/1419197>
- Lacey, J. I. (1967). Somatic response patterning and stress: Some revisions of activation theory. En M. H. Appley y R. Trumbull (Eds.). *Psychological Stress: Issues in Research* (pp. 14-38). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Lacey, J. I., & Lacey, B. C. (1970). Some autonomic-central nervous system interrelationships. In P. Black (Ed.), *Physiological Correlates of Emotion* (pp. 205–227). Academic Press.
- Lafo, J. A., Mikos, A., Mangal, P. C., Scott, B. M., Trifilio, E., Okun, M. S., & Bowers, D. (2017). Emotion modulation of the startle reflex in essential tremor: Blunted reactivity to unpleasant and pleasant pictures. *Parkinsonism & related disorders*, 34, 54–58. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2016.11.003>
- Landis, C., & Hunt, W. A. (1939). *The startle pattern*. New York: Farrar.
- Lang, P. J. (1968). Fear reduction and fear behavior: Problems in treating a construct. In J. Schlien (Ed.), *Research in psychotherapy. III* (pp. 90-203). Washington, DC: American Psychological Association.
- Lang, P. J. (1979). A Bio-Informational Theory of Emotional Imagery. *Psychophysiology*, 16(6), 495–512. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1979.tb01511.x>

- Lang, P. J. (1980). Behavioral treatment and bio-behavioral assessment: computer applications. In J. B. Sidowaki, J. H. Johnson, & T. A. Williams (Eds.), *Technology in mental health care delivery systems* (pp. 119-137). Norwood, NJ: Ablex.
- Lang, P. J., Öhman, A., & Vaitl, D. (1988). *The International Affective Picture System [Photographic slides]*. Gainesville, Florida: The Center for Research in Psychophysiology, University of Florida.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1990). Emotion, attention, and the startle reflex. *Psychological Review*, 97(3), 377–395. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.97.3.377>
- Lang, P. J., Bradley, M. M. y Cuthbert, B. N. (1993). Emotion, Arousal, Valence and the Startle Reflex. A. En Öhman y N. E. Birbaumer. *The structure of emotion: psychophysiological, cognitive and clinical aspects* (pp 243-251). Toronto: Hogrefe & Huber Publishers.
- Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M., & Hamm, A. O. (1993). Looking at pictures: Affective, facial, visceral, and behavioral reactions. *Psychophysiology*, 30(3), 261–273. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1993.tb03352.x>
- Lang, P. J. (1994). The varieties of emotional experience: A meditation on James-Lange theory. *Psychological Review*, 101(2), 211–221. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.101.2.211>
- Lang, P. J. (1995). The emotion probe: Studies of motivation and attention. *American Psychologist*, 50(5), 372–385. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.50.5.372>
- Lang, P.J., Bradley, M.M. and Cuthbert, B.N. (1997). *International Affective Picture System (IAPS): Technical Manual and Affective Ratings*. NIMH Center for the Study of Emotion and Attention, Gainesville, 39-58.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1998). Emotion, motivation, and anxiety: brain mechanisms and psychophysiology. *Biological Psychiatry*, 44(12), 1248–1263. [https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(98\)00275-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(98)00275-3)

- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1999). International affective picture system (IAPS): Technical manual and affective ratings. Gainesville, FL: The Center for Research in Psychophysiology, University of Florida.
- Lang, P. J., Davis, M., & Öhman, A. (2000). Fear and anxiety: animal models and human cognitive psychophysiology. *Journal of Affective Disorders*, 61(3), 137–159. [https://doi.org/10.1016/S0165-0327\(00\)00343-8](https://doi.org/10.1016/S0165-0327(00)00343-8)
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (2005). International Affective Picture System (IAPS) [Database record]. APA PsycTests. <https://doi.org/10.1037/t66667-000>
- Lang, P. J., & Bradley, M. M. (2010). Emotion and the motivational brain. *Biological Psychology*, 84(3), 437–450. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2009.10.007>
- Lang, P. J., Simons, R. F., & Balaban, M. (Eds.). (2013). *Attention and orienting: Sensory and motivational processes*. Nueva York: Psychology Press.
- Lang, P. J., McTeague, L. M., & Bradley, M. M. (2016). RDoC, DSM, and the reflex physiology of fear: A biodimensional analysis of the anxiety disorders spectrum. *Psychophysiology*, 53(3), 336–347. <https://doi.org/10.1111/psyp.12462>
- Larson, C. L., Ruffalo, D., Nietert, J. Y., & Davidson, R. J. (2005). Stability of emotion-modulated startle during short and long picture presentation. *Psychophysiology*, 42(5), 604–610. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2005.00345.x>
- LeDoux, J. E. (1984). Cognition and emotion: Processing functions and neural systems. En M.S. Gazzaniga (Ed.), *Handbook of cognitive neuroscience* (pp. 3557-3568). New York: Plenum.
- LeDoux, J. E. (1990). Fear pathways in the brain: Implications for a theory of the emotional brain. In P. F. Brain, S. Parmigiani, R. J. Blanchard, & D. Mainardi (Eds.), *Fear and defence* (pp. 163–177). Harwood Academic Publishers.
- LeDoux, J. E. (1994). Emotion, Memory and the Brain. *Scientific American*, 270(6), 50–57. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0694-50>
- LeDoux, J. E. (1995). Emotion: Clues from the Brain. *Annual Review of Psychology*, 46(1), 209–235. <https://doi.org/10.1146/annurev.ps.46.020195.001233>

- LeDoux, J. E. (1996). *The Emotional Brain: The Mysterious Underpinnings of Emotional Life*. New York: Simon & Schuster.
- LeDoux J. E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual review of neuroscience*, 23, 155–184. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.23.1.155>
- Lee, W. K., Su, Y. A., Song, T. J., Chiu, Y. C., & Lin, C. H. (2014). Are normal decision-makers sensitive to changes in value contrast under uncertainty? Evidence from the Iowa Gambling Task. *PLoS ONE*, 9(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101878>
- Levenson, R.W. (1988) *Emotion and the Autonomic Nervous System: A Prospectus for Research on Autonomic Specificity*. *Social Psychophysiology and Emotion: Theory and Clinical Applications*, Wiley, London, 17-42.
- Levenston, G. K., Patrick, C. J., Bradley, M. M., & Lang, P. J. (2000). The psychopath as observer: emotion and attention in picture processing. *Journal of abnormal psychology*, 109(3), 373–385.
- Le Duc, J., Fournier, P., & Hébert, S. (2016). Modulation of Prepulse Inhibition and Startle Reflex by Emotions: A Comparison between Young and Older Adults. *Frontiers in aging neuroscience*, 8, 33. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2016.00033>
- Libby, W. L., Lacey, B. C., & Lacey, J. I. (1973). Pupillary and Cardiac Activity During Visual Attention. *Psychophysiology*, 10(3), 270–294. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1973.tb00526.x>
- Lin, C.-H., Chiu, Y.-C., Lee, P.-L., & Hsieh, J.-C. (2007). Is deck B a disadvantageous deck in the Iowa Gambling Task? *Behavioral and Brain Functions*, 3(1), 16. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-3-16>
- Lin, C. H., Song, T. J., Lin, Y. K., & Chiu, Y. C. (2012). Mirrored Prominent Deck B Phenomenon: Frequent Small Losses Override Infrequent Large Gains in the Inverted Iowa Gambling Task. *PLoS ONE*, 7(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047202>

- Loomans, M. M., Tulen, J. H. M., & van Marle, H. J. C. (2015). The startle paradigm in a forensic psychiatric setting: Elucidating psychopathy. *Criminal Behaviour and Mental Health*, 25(1), 42–53. <https://doi.org/10.1002/cbm.1906>
- López-Torrecillas, F., Perales, J. C., Nieto-Ruiz, A., & Verdejo-García, A. (2014). Temperament and impulsivity predictors of smoking cessation outcomes. *PLoS ONE*, 9(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112440>
- López-Torrecillas, F., Nieto-Ruiz, A., Velasco-Ortuño, S., Lara-Fernández, M., López-Quirantes, E. M., & Castillo-Fernández, E. (2014). The role of impulsivity in dropout from treatment for cigarette smoking. *Comprehensive Psychiatry*, 55(7), 1609–1613. <https://doi.org/10.1016/j.comppsy.2014.06.004>
- Löw, A., Lang, P. J., Smith, J. C., & Bradley, M. M. (2008). Both Predator and Prey: Emotional Arousal in Threat and Reward. *Psychological Science*, 19(9), 865–873. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02170.x>
- Luck, C. C., & Lipp, O. V. (2017). Startle modulation and explicit valence evaluations dissociate during backward fear conditioning. *Psychophysiology*, 54(5), 673–683. <https://doi.org/10.1111/psyp.12834>
- Lyvers, M. (2000). “Loss of control” in alcoholism and drug addiction: A neuroscientific interpretation. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 8(2), 225–249. <https://doi.org/10.1037/1064-1297.8.2.225>
- Málková, L., Mishkin, M., Suomi, S. J., & Bachevalier, J. (1997). Socioemotional behavior in adult rhesus monkeys after early versus late lesions of the medial temporal lobe. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 807, 538–540. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1997.tb51961.x>
- Manes, F., Sahakian, B., Clark, L., Rogers, R., Antoun, N., Aitken, M., & Robbins, T. (2002). Decision-making processes following damage to the prefrontal cortex. *Brain : a journal of neurology*, 125(Pt 3), 624–639. <https://doi.org/10.1093/brain/awf049>
- Marín, M., Ponce, G., Martínez-Gras, I., Koeneke, A., Curivil, P., Jiménez-Arriero, M. A., & Rubio, G. (2012). Impairments of Prepulse Inhibition of the Startle Response in Abstinent Alcoholic Male Patients. *Alcohol and Alcoholism*, 47(5), 545–551. <https://doi.org/10.1093/alcalc/ags055>

- Marsh, N. V., & Martinovich, W. M. (2006). Executive dysfunction and domestic violence. *Brain Injury*, 20(1), 61–66. <https://doi.org/10.1080/02699050500110645>
- Martínez Selva, J. M., Sánchez Navarro, J. P., Bechara, A., & Román Lapuente, F. (2006). Mecanismos cerebrales de la toma de decisiones. *Revista de Neurología*, 42(07), 411. <https://doi.org/10.33588/rn.4207.2006161>
- Masterman, D. L., & Cummings, J. L. (1997). Frontal-subcortical circuits: the anatomic basis of executive, social and motivated behaviors. *Journal of Psychopharmacology*, 11(2), 107–114. <https://doi.org/10.1177/026988119701100203>
- Masterson, F. A., & Crawford, M. (1982). The defense motivation system: A theory of avoidance behavior. *Behavioral and Brain Sciences*, 5(4), 661–675. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00014114>
- Mathersul, D., McDonald, S., & Rushby, J. A. (2013). Automatic facial responses to affective stimuli in high-functioning adults with autism spectrum disorder. *Physiology & Behavior*, 109, 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2012.10.008>
- McIntosh, D., Miller, L., Shyu, V., & Hagerman, R. (1999). Sensory-modulation disruption, electrodermal responses, and functional behaviors. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 41(9), 608–615. doi:10.1017/S0012162299001267
- McNaughton, N., & Gray, J. A. (2000). Anxiolytic action on the behavioural inhibition system implies multiple types of arousal contribute to anxiety. *Journal of affective disorders*, 61(3), 161–176. [https://doi.org/10.1016/s0165-0327\(00\)00344-x](https://doi.org/10.1016/s0165-0327(00)00344-x)
- McRae, K., Gross, J. J. (2020). Emotion regulation. *Emotion* (Washington, D.C.), 20(1), 1–9. <https://doi.org/10.1037/emo0000703>
- McTeague, L. M., & Lang, P. J. (2012). The anxiety spectrum and the reflex physiology of defense: from circumscribed fear to broad distress. *Depression and anxiety*, 29(4), 264–281. <https://doi.org/10.1002/da.21891>

- Meijers, J., Harte, J. M., Jonker, F. A., & Meynen, G. (2015). Prison brain? Executive dysfunction in prisoners. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00043>
- Meijers, J., Harte, J. M., Meynen, G., & Cuijpers, P. (2017). Differences in executive functioning between violent and non-violent offenders. *Psychological Medicine*, 47(10), 1784–1793. <https://doi.org/10.1017/S0033291717000241>
- Messerotti Benvenuti, S., Buodo, G., Dal Bò, E., & Palomba, D. (2020). Attention and affect in dysphoria: Insights from startle reflex modulation and cardiac deceleration. *Behaviour research and therapy*, 131, 103626. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2020.103626>
- Miguel-Tobal, J. J., & Cano-Vindel, A. (2002). Emoción y Clínica: Psicopatología de las emociones. En F. Palmero, E. G. Fernández-Abascal, F. Martínez & M. Chóliz (Eds.), *Psicología de la Motivación y la Emoción* (pp. 571-581). Madrid: McGraw-Hill.
- Milner, W., Matjak, M., Braun, C., Diekman, H. y Bodym, S. (1994). Emotional qualities of odors and their influence on the startle reflex in humans. *Psychophysiology*, 31, 107-110.
- Mitchell, D. G. V., Colledge, E., Leonard, A., & Blair, R. J. R. (2002). Risky decisions and response reversal: is there evidence of orbitofrontal cortex dysfunction in psychopathic individuals? *Neuropsychologia*, 40(12), 2013–2022. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(02\)00056-8](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00056-8)
- Miu, A. C., Heilman, R. M., & Houser, D. (2008). Anxiety impairs decision-making: psychophysiological evidence from an Iowa Gambling Task. *Biological psychology*, 77(3), 353–358. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2007.11.010>
- Miura, H., Fuchigami, Y., & Juvenile, N. (2016). Impaired executive function in 14-to 16-year-old boys with conduct disorder is related to recidivism: A prospective longitudinal study. <https://doi.org/10.1002/cbm>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>

- Mogedas Valladares, A. I., & Alameda Bailén, J. R. (2011). Toma de decisiones en pacientes drogodependientes. *Adicciones*, 23(4), 277. <https://doi.org/10.20882/adicciones.121>
- Molleman, P. W., Molleman, L., Schilder, C., Bulten, B. H., & Brazil, I. A. (2022). Can measures of cognitive flexibility and inhibition distinguish forensic psychiatric inpatients from prisoners? *The Journal of Forensic Psychiatry & Psychology*, 33(3), 371–388. <https://doi.org/10.1080/14789949.2022.2070523>
- Moltó, J. y Poy, R. (1997). La psicopatía: Un constructo necesario en la Psicología Jurídica. En M. Clemente y J. Núñez (Eds.), *Psicología jurídica penitenciaria*, (pp. 291-317). Madrid: Fundación Universidad-Empresa
- Moltó, J., Montañés, S., Poy, R., Segarra, P., Pastor, M. C., Tormo, M. P., Ramírez, I., Hernández, M. A., Sánchez, M., Fernández, M. C. y Vila, J. (1999). Un nuevo método para el estudio experimental de las emociones: The International Affective Picture System (IAPS). Adaptación Española. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 52 (1), 55-87.
- Morales-Muñoz, I., Martínez-Gras, I., Ponce, G., de la Cruz, J., Lora, D., Rodríguez-Jiménez, R., Jurado-Barba, R., Navarrete, F., García-Gutiérrez, M. S., Manzanares, J., & Rubio, G. (2017). Psychological symptomatology and impaired prepulse inhibition of the startle reflex are associated with cannabis-induced psychosis. *Journal of psychopharmacology (Oxford, England)*, 31(8), 1035–1045. <https://doi.org/10.1177/0269881117711920>
- Motulsky, H. (2010) *Intuitive Biostatistics: A Nonmathematical Guide to Statistical Thinking*. New York, NY. Oxford University Press.
- Mousavi, F., Rozsa, S., Nilsson, T., Archer, T., Anckarsäter, H., & Garcia, D. (2015). Personality and intelligence: persistence, not self-directedness, cooperativeness or self-transcendence, is related to twins' cognitive abilities. *PeerJ*, 3, e1195. <https://doi.org/10.7717/peerj.1195>
- Muñoz, M. A., Idrissi, S., Sánchez-Barrera, M. B., Fernández, M. C., & Vila, J. (2011). Motivation to quit smoking and startle modulation in female smokers: context specificity of smoking cue reactivity. *Psychopharmacology*, 218(3), 525–532. <https://doi.org/10.1007/s00213-011-2334-0>

- Muñoz, M. Á., Idrissi, S., Sánchez-Barrera, M. B., Fernández-Santaella, M., & Vila, J. (2013). Tobacco craving and eyeblink startle modulation using 3D immersive environments: A pilot study. *Psychology of Addictive Behaviors*, 27(1), 243–248. <https://doi.org/10.1037/a0028745>
- Murphy D. G. (1990). Preliminary study of effect of decision making on locus of control among prison inmates. *Psychological reports*, 66(2), 511–514. <https://doi.org/10.2466/pr0.1990.66.2.511>
- Niendam, T. A., Laird, A. R., Ray, K. L., Dean, Y. M., Glahn, D. C., & Carter, C. S. (2012). Meta-analytic evidence for a superordinate cognitive control network subserving diverse executive functions. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 12(2), 241–268. <https://doi.org/10.3758/s13415-011-0083-5>
- Nummenmaa, L., Lukkarinen, L., Sun, L., Putkinen, V., Seppälä, K., Karjalainen, T., Karlsson, H. K., Hudson, M., Venetjoki, N., Salomaa, M., Rautio, P., Hirvonen, J., Lauerma, H., & Tiihonen, J. (2021). Brain Basis of Psychopathy in Criminal Offenders and General Population. *Cerebral cortex* (New York, N.Y. : 1991), 31(9), 4104–4114. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhab072>.
- Obrist, P. A., Webb, R. A., Sutterer, J. R., & Howard, J. L. (1970). The cardiac-somatic relationship: some reformulations. *Psychophysiology*, 6(5), 569–587. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1970.tb02246.x>
- Obrist, P. A., Lawler, J. E., Howard, J. L., Smithson, K. W., Martin, P. L., & Manning, J. (1974). Sympathetic Influences on Cardiac Rate and Contractility During Acute Stress in Humans. *Psychophysiology*, 11(4), 405–427. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1974.tb00566.x>
- Obrist, P. A. (1981). *Cardiovascular psychophysiology. A perspective*. New York, Plenum Press.
- Ochsner, K. N., Bunge, S. A., Gross, J. J., & Gabrieli, J. D. E. (2002). Rethinking Feelings: An fMRI Study of the Cognitive Regulation of Emotion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(8), 1215–1229. <https://doi.org/10.1162/089892902760807212>

- Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2008). Cognitive Emotion Regulation. *Current Directions in Psychological Science*, 17(2), 153–158. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2008.00566.x>
- Ochsner, K. N., Ray, R. R., Hughes, B., McRae, K., Cooper, J. C., Weber, J., Gabrieli, J. D. E., & Gross, J. J. (2009). Bottom-Up and Top-Down Processes in Emotion Generation: Common and Distinct Neural Mechanisms. *Psychological Science*, 20(11), 1322–1331. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2009.02459.x>
- Ogilvie, J. M., Stewart, A. L., Chan, R. C. K., & Shum, D. H. K. (2011). Neuropsychological measures of executive function and antisocial behavior: a meta-analysis. *Criminology*, 49(4), 1063–1107. <https://doi.org/10.1111/j.1745-9125.2011.00252.x>
- Oskarsson, S., Patrick, C. J., Siponen, R., Bertoldi, B. M., Evans, B., & Tuvblad, C. (2021). The startle reflex as an indicator of psychopathic personality from childhood to adulthood: A systematic review. *Acta Psychologica*, 220, 103427. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2021.103427>
- Pallanti, S., Marras, A., & Makris, N. (2021). A Research Domain Criteria Approach to Gambling Disorder and Behavioral Addictions: Decision-Making, Response Inhibition, and the Role of Cannabidiol. *Frontiers in Psychiatry*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.634418>
- Panayiotou, G., Robinson, J. D., Witvliet, C., & Vrana, S. R. (1995). Effects of valence and arousal of emotional imagery and a secondary reaction-time task on the startle reflex and heart rate. *Psychophysiology*, 32(5), 493–501.
- Parnaudeau, S., Bolkan, S. S., & Kellendonk, C. (2018). The Mediodorsal Thalamus: An Essential Partner of the Prefrontal Cortex for Cognition. *Biological psychiatry*, 83(8), 648–656. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2017.11.008>
- Pasion, R., Gonçalves, A. R., Fernandes, C., Ferreira-Santos, F., Barbosa, F., & Marques-Teixeira, J. (2017). Meta-Analytic Evidence for a Reversal Learning Effect on the Iowa Gambling Task in Older Adults. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01785>
- Pasparakis, E., Koiliari, E., Zouraraki, C., Tsapakis, E.-M., Roussos, P., Giakoumaki, S. G., & Bitsios, P. (2015). The effects of the CACNA1C rs1006737 A/G on

- affective startle modulation in healthy males. *European Psychiatry*, 30(4), 492–498. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2015.03.004>
- Pastor Verchili, M. C. (2000). *Modulación del reflejo de sobresalto y medidas autonómicas en psicópatas encarcelados*. Tesis Doctoral no publicada, Universidad Jaume I.
- Pastor, M. C., Moltó, J., Vila, J., & Lang, P. J. (2003). Startle reflex modulation, affective ratings and autonomic reactivity in incarcerated Spanish psychopaths. *Psychophysiology*, 40(6), 934–938. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00111>
- Patrick, C. J., Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1993). Emotion in the criminal psychopath: Startle reflex modulation. *Journal of Abnormal Psychology*, 102(1), 82–92. <https://doi.org/10.1037/0021-843X.102.1.82>
- Patrick, C. J. (1994). Emotion and psychopathy: Startling new insights. *Psychophysiology*, 31(4), 319–330. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1994.tb02440.x>
- Patrick, C. J., & Lavoie, S. A. (1997). Ratings of emotional response to pictorial stimuli: Positive and negative affect dimensions. *Motivation and Emotion*, 21, 297–321
- Pavlov, I. (1927). *Conditioned reflexes*. Oxford: Oxford University Press.
- Peatfield N. A., Turnbull O. H., Parkinson J., Intriligator J. (2012). Quick as a BLINK: An ultrarapid analogue of Iowa Gambling Task decision making. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 34, 243–255. <https://doi.org/10.1080/13803395.2011.633496>
- Perakakis, P., Joffily, M., Taylor, M., Guerra, P., & Vila, J. (2010). KARDIA: A Matlab software for the analysis of cardiac interbeat intervals. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 98(1), 83–89. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2009.10.002>
- Perandrés-Gómez, A., Navas, J. F., van Timmeren, T., & Perales, J. C. (2021). Decision-making (in)flexibility in gambling disorder. *Addictive behaviors*, 112, 106534. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2020.106534>
- Pinker, S. (2015). *E-Prime 2.0: A guide to clearer, more accurate thinking*. New York, NY: Harp

- Porges, S. W. (1995). Orienting in a Defensive World: Mammalian Modifications of Our Evolutionary Heritage. A Polyvagal Theory. *Psychophysiology*; W.W. Norton & Company: New York, NY, USA, 1995; Volume 32, pp. 301–318.
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The Attention System of the Human Brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13(1), 25–42. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>
- Posner, M. I., & DiGirolamo, G. J. (1998). Executive attention: Conflict, target detection, and cognitive control. In R. Parasuraman (Ed.), *The attentive brain* (pp. 401–423). The MIT Press.
- Powell, J., Gray, J., & Bradley, B. (1993). Subjective craving for opiates: Evaluation of a cue exposure protocol for use with detoxified opiate addicts. *British Journal of Clinical Psychology*, 32(1), 39–53. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8260.1993.tb01026.x>
- Pujara, M. S., Wolf, R. C., Baskaya, M. K., & Koenigs, M. (2015). Ventromedial prefrontal cortex damage alters relative risk tolerance for prospective gains and losses. *Neuropsychologia*, 79, 70–75. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.10.026>
- Raaijmakers, M. A. J., Smidts, D. P., Sergeant, J. A., Maassen, G. H., Posthumus, J. A., van Engeland, H., & Matthys, W. (2008). Executive Functions in Preschool Children with Aggressive Behavior: Impairments in Inhibitory Control. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 36(7), 1097–1107. <https://doi.org/10.1007/s10802-008-9235-7>
- Rangel, A., Camerer, C., & Montague, P. R. (2008). A framework for studying the neurobiology of value-based decision making. *Nature reviews. Neuroscience*, 9(7), 545–556. <https://doi.org/10.1038/nrn2357>
- Rassnick, S., Koob, G. F., & Geyer, M. A. (1992). Responding to acoustic startle during chronic ethanol intoxication and withdrawal. *Psychopharmacology*, 106(3), 351–358. <https://doi.org/10.1007/BF02245417>
- Rassnick, S., Stinus, L., & Koob, G. F. (1993). The effects of 6-hydroxydopamine lesions of the nucleus accumbens and the mesolimbic dopamine system on oral self-

- administration of ethanol in the rat. *Brain Research*, 623(1), 16–24.
[https://doi.org/10.1016/0006-8993\(93\)90004-7](https://doi.org/10.1016/0006-8993(93)90004-7)
- Ren, T.-H., Hu, Z.-S., Sun, H.-Y., Liu, Y., & Li, S. (2015). Making A Decision vs. Sticking to A Decision: A Comparison of Intertemporal Choice and Delay of Gratification. *Advances in Psychological Science*, 23(2), 303.
<https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2015.00303>
- Rivalan, M., Ahmed, S. H., & Dellu-Hagedorn, F. (2009). Risk-prone individuals prefer the wrong options on a rat version of the Iowa Gambling Task. *Biological Psychiatry*, 66(8), 743–749. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2009.04.008>
- Rodríguez Ruiz, S. (2005). Ansia por la comida y bulimia nerviosa: Mecanismos Psicofisiológicos. Tesis Doctoral no publicada, Universidad de Granada.
- Rodríguez-Sánchez, J. M., Crespo-Facorro, B., Iglesias, R. P., Bosch, C. G.-B., Álvarez, M., Llorca, J., & Vázquez-Barquero, J. L. (2005). Prefrontal cognitive functions in stabilized first-episode patients with schizophrenia spectrum disorders: A dissociation between dorsolateral and orbitofrontal functioning. *Schizophrenia Research*, 77(2–3), 279–288. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2005.04.023>
- Rogers, R. D., Everitt, B. J., Baldacchino, A., Blackshaw, A. J., Swainson, R., Wynne, K., Baker, N. B., Hunter, J., Carthy, T., Booker, E., London, M., Deakin, J. F., Sahakian, B. J., & Robbins, T. W. (1999). Dissociable deficits in the decision-making cognition of chronic amphetamine abusers, opiate abusers, patients with focal damage to prefrontal cortex, and tryptophan-depleted normal volunteers: evidence for monoaminergic mechanisms. *Neuropsychopharmacology : official publication of the American College of Neuropsychopharmacology*, 20(4), 322–339. [https://doi.org/10.1016/S0893-133X\(98\)00091-8](https://doi.org/10.1016/S0893-133X(98)00091-8)
- Rolls, E. T. (2019a). *The Orbitofrontal Cortex*. Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/oso/9780198845997.001.0001>
- Rolls, E. T. (2019b). The orbitofrontal cortex and emotion in health and disease, including depression. *Neuropsychologia*, 128, 14–43.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.09.021>

- Rolls, E. T. (2020). Neural Computations Underlying Phenomenal Consciousness: A Higher Order Syntactic Thought Theory. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00655>
- Rolls, E. T. (2021). Neurons including hippocampal spatial view cells, and navigation in primates including humans. *Hippocampus*, 31(6), 593–611. <https://doi.org/10.1002/hipo.23324>
- Rolls E. T. (2023). Emotion, motivation, decision-making, the orbitofrontal cortex, anterior cingulate cortex, and the amygdala. *Brain structure & function*, 228(5), 1201–1257. <https://doi.org/10.1007/s00429-023-02644-9>
- Romero-Martínez, Á., Lila, M., Sarrate-Costa, C., Comes-Fayos, J., & Moya-Albiol, L. (2023). Neuropsychological Performance, Substance Misuse, and Recidivism in Intimate Partner Violence Perpetrators. *Psychosocial Intervention*, 32(2), 69–77. <https://doi.org/10.5093/pi2022a7>
- Ross, E. H., & Hoaken, P. N. S. (2011). Executive Cognitive Functioning Abilities of Male First Time and Return Canadian Federal Inmates. *Canadian Journal of Criminology and Criminal Justice*, 53(4), 377–403. <https://doi.org/10.3138/cjccj.53.4.377>
- Rosselló, F., Muñoz, M. A., Duschek, S., & Montoya, P. (2015). Affective Modulation of Brain and Autonomic Responses in Patients With Fibromyalgia. *Psychosomatic Medicine*, 77(7), 721–732. <https://doi.org/10.1097/PSY.0000000000000217>
- Roy, M., Mailhot, J. P., Gosselin, N., Paquette, S., & Peretz, I. (2009). Modulation of the startle reflex by pleasant and unpleasant music. *International journal of psychophysiology : official journal of the International Organization of Psychophysiology*, 71(1), 37–42. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.07.010>
- Ruiz-Padial, E., Vila, J., & Thayer, J. F. (2011). The effect of conscious and non-conscious presentation of biologically relevant emotion pictures on emotion modulated startle and phasic heart rate. *International journal of psychophysiology : official journal of the International Organization of Psychophysiology*, 79(3), 341–346. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2010.12.001>

- Ruiz-Padial, E., & Thayer, J. F. (2014). Resting heart rate variability and the startle reflex to briefly presented affective pictures. *International journal of psychophysiology : official journal of the International Organization of Psychophysiology*, 94(3), 329–335. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.10.005>
- Sánchez, M., Fernández, M. C., López, F., & Vila, J. (2002). Modulación de reflejos defensivos por claves contextuales: efecto de la luz-oscuridad ambiental [Modulation of defensive reflexes by contextual cues: Effect of environmental light-darkness]. *Acción Psicológica*, 1(2). <https://doi.org/10.5944/ap.1.2.547>
- Saul, J. P., Arai, Y., Berger, R. D., Lilly, L. S., Colucci, W. S., & Cohen, R. J. (1988). Assessment of autonomic regulation in chronic congestive heart failure by heart rate spectral analysis. *The American Journal of Cardiology*, 61(15), 1292–1299. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(88\)91172-1](https://doi.org/10.1016/0002-9149(88)91172-1)
- Scherer K. R. (2022). Theories in cognition & emotion - social functions of emotion. *Cognition & emotion*, 36(3), 385–387. <https://doi.org/10.1080/02699931.2022.2072628>.
- Schneirla, T.C. (1959). An evolutionary and developmental theory of biphasic processes underlying approach and withdrawal. En M.R. Jones (ed.): *Nebraska Symposium on Motivation*, vol. 7 (pp. 1-42). Lincoln: University of Nebraska Press.
- Schultz, P. W., & Searleman, A. (2002). Rigidity of thought and behavior: 100 years of research. *Genetic, social, and general psychology monographs*, 128(2), 165–207.
- Sebold, M., Nebe, S., Garbusow, M., Guggenmos, M., Schad, D. J., Beck, A., Kuitunen-Paul, S., Sommer, C., Frank, R., Neu, P., Zimmermann, U. S., Rapp, M. A., Smolka, M. N., Huys, Q. J. M., Schlagenhauf, F., & Heinz, A. (2017). When Habits Are Dangerous: Alcohol Expectancies and Habitual Decision Making Predict Relapse in Alcohol Dependence. *Biological Psychiatry*, 82(11), 847–856. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2017.04.019>
- Sege, C. T., Bradley, M. M., & Lang, P. J. (2015). Prediction and perception: Defensive startle modulation. *Psychophysiology*, 52(12), 1664–1668. <https://doi.org/10.1111/psyp.12546>
- Séguin, J. R., Nagin, D., Assaad, J.-M., & Tremblay, R. E. (2009). “Cognitive-neuropsychological function in chronic physical aggression and hyperactivity”:

- Correction to Séguin et al. (2004). *Journal of Abnormal Psychology*, 118(3), 658–658. <https://doi.org/10.1037/a0016780>
- Sen, Z. D., Temucin, C. M., Başar, K., Ulug, B. D., Gökçen, O., & Özer, S. (2019). Alteration of the affective modulation of the startle reflex during antidepressant treatment. *Psychophysiology*, 56(2), e13286. <https://doi.org/10.1111/psyp.13286>
- Selye, H. (1976). *The Stress of Life*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Seruca, T., & Silva, C. F. (2015). Recidivist criminal behaviour and executive functions: a comparative study. *The Journal of Forensic Psychiatry & Psychology*, 26(5), 699–717. <https://doi.org/10.1080/14789949.2015.1054856>
- Shamay-Tsoory, S. G., Aharon-Peretz, J., & Perry, D. (2009). Two systems for empathy: a double dissociation between emotional and cognitive empathy in inferior frontal gyrus versus ventromedial prefrontal lesions. *Brain*, 132(3), 617–627. <https://doi.org/10.1093/brain/awn279>
- Shukla, S. (2019). Neuromarketing: a change in marketing tools and techniques. *International Journal of Business Forecasting and Marketing Intelligence*, 5(3), 267. <https://doi.org/10.1504/IJBFMI.2019.104044>
- Šimić, G., Tkalčić, M., Vukić, V., Mulc, D., Španić, E., Šagud, M., Olucha-Bordonau, F. E., Vukšić, M., & R Hof, P. (2021). Understanding Emotions: Origins and Roles of the Amygdala. *Biomolecules*, 11(6), 823. <https://doi.org/10.3390/biom11060823>
- Simonovic, B., Stupple, E., Gale, M., Sheffield, D. Sweating the small stuff: A meta-analysis of skin conductance on the Iowa gambling task. *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience* 19, 1097–1112 (2019). <https://doi.org/10.3758/s13415-019-00744-w>
- Skolnick, A. J., & Davidson, R. J. (2002). Affective modulation of eyeblink startle with reward and threat. *Psychophysiology*, 39(6), 835–850. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3960835>
- Sokolov, F. N. (1963). *Perception and the conditions reflex*. New York: Pergamon.
- Somsen, R. J. M., van der Molen, M. W., & Orlebeke, J. F. (1983). Phasic Heart Rate Changes in Reaction Time, Shock Avoidance, and Unavoidable Shock Tasks: Are

- Hypothetical Generalizations About Different S1–S2 Tasks Justified? *Psychophysiology*, 20(1), 88–94. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1983.tb00908.x>
- Spodick, D. H., Raju, P., Bishop, R. L., & Rifkin, R. D. (1992). Operational definition of normal sinus heart rate. *The American Journal of Cardiology*, 69(14), 1245–1246. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(92\)90947-W](https://doi.org/10.1016/0002-9149(92)90947-W)
- Spyer K. M. (1989). Neural mechanisms involved in cardiovascular control during affective behaviour. *Trends in neurosciences*, 12(12), 506–513. [https://doi.org/10.1016/0166-2236\(89\)90111-2](https://doi.org/10.1016/0166-2236(89)90111-2)
- Stallings, M. C., Hewitt, J. K., Cloninger, C. R., Heath, A. C., & Eaves, L. J. (1996). Genetic and environmental structure of the Tridimensional Personality Questionnaire: Three or four temperament dimensions? *Journal of Personality and Social Psychology*, 70(1), 127–140. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.70.1.127>
- Stanovich, K. E., & West, R. F. (2000). Individual differences in reasoning: Implications for the rationality debate? *Behavioral and Brain Sciences*, 23(5), 645–665.
- Steingroever, H., Wetzels, R., Horstmann, A., Neumann, J., & Wagenmakers, E. J. (2013). Performance of nonclinical participants on the Iowa Gambling Task. *Psychological assessment*, 25(1), 180–193. <https://doi.org/10.1037/a0029929>
- Stevens, L., Verdejo-García, A., Goudriaan, A. E., Roeyers, H., Dom, G., & Vanderplasschen, W. (2014). Impulsivity as a vulnerability factor for poor addiction treatment outcomes: a review of neurocognitive findings among individuals with substance use disorders. *Journal of substance abuse treatment*, 47(1), 58–72. <https://doi.org/10.1016/j.jsat.2014.01.008>
- Stevens, E., Jason, L. A., Ram, D., & Light, J. (2015). Investigating Social Support and Network Relationships in Substance Use Disorder Recovery. *Substance Abuse*, 36(4), 396–399. <https://doi.org/10.1080/08897077.2014.965870>
- Studer, B., & Clark, L. (2011). Place your bets: psychophysiological correlates of decision-making under risk. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 11(2), 144–158. <https://doi.org/10.3758/s13415-011-0025-2>

- Studer, B., Scheibehenne, B., & Clark, L. (2016). Psychophysiological arousal and inter- and intraindividual differences in risk-sensitive decision making. *Psychophysiology*, 53(6), 940–950. <https://doi.org/10.1111/psyp.12627>
- Sutton, S. K., Vitale, J. E., & Newman, J. P. (2002). Emotion among women with psychopathy during picture perception. *Journal of abnormal psychology*, 111(4), 610–619. <https://doi.org/10.1037//0021-843x.111.4.610>
- Suzuki, A., Hirota, A., Takasawa, N., & Shigemasa, K. (2003). Application of the somatic marker hypothesis to individual differences in decision making. *Biological Psychology*, 65(1), 81–88. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(03\)00093-0](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(03)00093-0)
- Taatgen, N. A., Huss, D., Dickison, D., & Anderson, J. R. (2008). The acquisition of robust and flexible cognitive skills. *Journal of Experimental Psychology: General*, 137(3), 548–565. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.137.3.548>
- Takano, Y., Takahashi, N., Tanaka, D., & Hironaka, N. (2010). Big Losses Lead to Irrational Decision-Making in Gambling Situations: Relationship between Deliberation and Impulsivity. *PLoS ONE*, 5(2), e9368. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009368>
- Tanaś, Ł., & Łuczak, E. (2021). Psychopathic traits and empathy: moral decision making and complex affect expression recognition. *Nasilenie cech psychopatycznych a empatia: podejmowanie decyzji moralnych i rozpoznawanie złożonej ekspresji mimicznej*. *Psychiatria polska*, 55(6), 1235–1255. <https://doi.org/10.12740/PP/120939>
- Thayer, J. F. y Friedman, B. H. (1997). The heart of anxiety: A dynamical systems approach. En A. Vingerhoets (Ed.). *The (non)expression of emotions in health and disease*. Amsterdam: Springer.
- Thayer, J. F., Friedman, B. H., Borkovec, T. D. J. B. H. y Molina, S. (2000). Basic heart period reactions to cued threat and nonthreat stimuli in generalized anxiety disorder. *Psychophysiology*, 37, 361–368.
- Thayer, J. F., & Friedman, B. H. (2002). Stop that! Inhibition, sensitization, and their neurovisceral concomitants. *Scandinavian Journal of Psychology*, 43(2), 123–130. <https://doi.org/10.1111/1467-9450.00277>

- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2000). A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *Journal of Affective Disorders*, 61(3), 201–216. [https://doi.org/10.1016/S0165-0327\(00\)00338-4](https://doi.org/10.1016/S0165-0327(00)00338-4)
- Thayer, J. F., & Siegle, G. J. (2002). Neurovisceral integration in cardiac and emotional regulation. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 21(4), 24–29. <https://doi.org/10.1109/MEMB.2002.1032635>
- Thayer, J. F., Hansen, A. L., Saus-Rose, E., & Johnsen, B. H. (2009). Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: The neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. *Annals of Behavioral Medicine*, 37(2), 141–153.
- Thayer, J. F., Verkuil, B., Brosschot, J. F., Kevin, K., West, A., Sterling, C., Christie, I. C., Abernethy, D. R., Sollers, J. J., Cizza, G., Marques, A. H., & Sternberg, E. M. (2010). Effects of the physical work environment on physiological measures of stress. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 17(4), 431–439. <https://doi.org/10.1097/HJR.0b013e328336923a>
- Thayer, J. F., Åhs, F., Fredrikson, M., Sollers III, J. J., & Wager, T. D. (2012). A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: Implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(3), 747–756.
- Thorndike, E. L. (1927). The Law of Effect. *The American Journal of Psychology*, 39(1/4), 212. <https://doi.org/10.2307/1415413>
- Timberlake, W. (1993). Behavior systems and reinforcement: an integrative approach. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 60(1), 105–128. <https://doi.org/10.1901/jeab.1993.60-105>
- Tirapu Ustárrroz, J., Bausela Herreras, E., & Cordero Andrés, P. (2018). Modelo de funciones ejecutivas basado en análisis factoriales en población infantil y escolar: metaanálisis. *Revista de Neurología*, 67(06), 215. <https://doi.org/10.33588/rn.6706.2017450>
- Toplak, M. E., Jain, U., & Tannock, R. (2005). Executive and motivational processes in adolescents with Attention-Deficit-Hyperactivity Disorder (ADHD). *Behavioral and Brain Functions*, 1(1), 8. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-1-8>

- Tulving, E. (1987). Multiple memory systems and consciousness. *Human Neurobiology*, 6, 67-80.
- Tulving, E., & Markowitsch, H. J. (1998). Episodic and declarative memory: Role of the hippocampus. *Hippocampus*, 8(3), 198–204. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-1063\(1998\)8:3<198::AID-HIPO2>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-1063(1998)8:3<198::AID-HIPO2>3.0.CO;2-G)
- Tulving, E. (2002). Episodic memory: From mind to brain. *Annual Review of Psychology*, 53, 1-25.
- Turnbull, O. H., Berry, H., & Bowman, C. H. (2003). Direct versus indirect emotional consequences on the Iowa Gambling Task. *Brain and cognition*, 53(2), 389–392. [https://doi.org/10.1016/s0278-2626\(03\)00151-9](https://doi.org/10.1016/s0278-2626(03)00151-9)
- Turner, J. R., & Carroll, D. (1985). Heart Rate and Oxygen Consumption during Mental Arithmetic, a Video Game, and Graded Exercise: Further Evidence of Metabolically-Exaggerated Cardiac Adjustments? *Psychophysiology*, 22(3), 261–267. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1985.tb01597.x>
- Umbach, R., Leonard, N. R., Luciana, M., Ling, S., & Laitner, C. (2019). The Iowa Gambling Task in Violent and Nonviolent Incarcerated Male Adolescents. *Criminal Justice and Behavior*, 46(11), 1611–1629. <https://doi.org/10.1177/0093854819847707>
- Vadini, F., Calella, G., Pieri, A., Ricci, E., Fulcheri, M., Verrocchio, M. C., De Risio, A., Sciacca, A., Santilli, F., & Parruti, G. (2018). Neurocognitive impairment and suicide risk among prison inmates. *Journal of Affective Disorders*, 225, 273–277. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2017.08.030>
- Vaidyanathan, U., Hall, J. R., Patrick, C. J., & Bernat, E. M. (2011). Clarifying the role of defensive reactivity deficits in psychopathy and antisocial personality using startle reflex methodology. *Journal of abnormal psychology*, 120(1), 253–258. <https://doi.org/10.1037/a0021224>
- Vandaele, Y., & Ahmed, S. H. (2021). Habit, choice, and addiction. *Neuropsychopharmacology: official publication of the American College of Neuropsychopharmacology*, 46(4), 689–698. <https://doi.org/10.1038/s41386-020-00899-y>

- Van Honk, J., Hermans, E. J., Putman, P., Montagne, B., & Schutter, D. J. L. G. (2002). Defective somatic markers in sub-clinical psychopathy. *Neuroreport*, 13(8), 1025–1027. <https://doi.org/10.1097/00001756-200206120-00009>
- Vanman, E. J., Boehmelt, A. H., Dawson, M. E., & Schell, A. M. (1996). The varying time courses of attentional and affective modulation of the startle eyeblink reflex. *Psychophysiology*, 33(6), 691–697. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1996.tb02365.x>
- Varkevisser, T., Geuze, E., van den Boom, M. A., Kouwer, K., van Honk, J., & van Lutterveld, R. (2023). Pattern classification based on the amygdala does not predict an individual's response to emotional stimuli. *Human brain mapping*, 44(12), 4452–4466. <https://doi.org/10.1002/hbm.26391>
- Verdejo-García, A., Lawrence, A. J., & Clark, L. (2008). Impulsivity as a vulnerability marker for substance-use disorders: Review of findings from high-risk research, problem gamblers and genetic association studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32(4), 777–810. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2007.11.003>
- Verdejo-García, A., y Bechara, A. (2009). A somatic marker theory of addiction. *Neuropharmacology*, 56, 48-62.
- Verdejo-García, A., & Bechara, A. (2010). Neuropsicología de las funciones ejecutivas. *Psicothema*, 22 (2), 227-235.
- Vico, C., Guerra, P., Robles, H., Vila, J., & Anllo-Vento, L. (2010). Affective processing of loved faces: Contributions from peripheral and central electrophysiology. *Neuropsychologia*, 48(10), 2894–2902. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.05.031>
- Vila, J., Sánchez, M. B., Ramírez, I., Fernández, M. C., Cobos, M., Rodríguez, S., Muñoz, M. A., Tormo, M. P., Herrero, M., Segarra, P., Pastor, M. C., Montañes, S., Poy, R., & Moltó, J. (2001). El sistema Internacional de imágenes afectivas (IAPS): adaptación española. Segunda parte. *Revista de psicología general y aplicada: Revista de la Federación Española de Asociaciones de Psicología*. 54 (4). 635-657
- Vila, J., & Fernández, M. C. (2004). *Tratamientos psicológicos: La perspectiva experimental*. Madrid: Pirámide

- Vila Castellar, J., & Guerra Muñoz, P. (2010). Introducción a la psicología clínica. *Psicothema*, 22 (2), 355-356
- Visagan, R., Xiang, A., & Lamar, M. (2012). Comparison of deck-and trial-based approaches to advantageous decision making on the Iowa gambling task. *Psychological Assessment*, 24(2), 455–463. <https://doi.org/10.1037/a0025932>
- Voon, V., Reiter, A., Sebold, M., & Groman, S. (2017). Model-Based Control in Dimensional Psychiatry. *Biological psychiatry*, 82(6), 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2017.04.006>
- Vrana, S. R., Spence, E. L., & Lang, P. J. (1988). The startle probe response: A new measure of emotion? *Journal of Abnormal Psychology*, 97(4), 487–491. <https://doi.org/10.1037/0021-843X.97.4.487>
- Wallinius, M., Nordholm, J., Wagnström, F., & Billstedt, E. (2019). Cognitive functioning and aggressive antisocial behaviors in young violent offenders. *Psychiatry Research*, 272, 572–580. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.12.140>
- Weiss, J. M., Glazer, H. I., & Pohorecky, L. A. (1976). Coping Behavior and Neurochemical Changes. In *Animal Models in Human Psychobiology* (pp. 141–173). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2184-2_9
- Weller, J. A., Levin, I. P., Shiv, B., & Bechara, A. (2007). Neural Correlates of Adaptive Decision Making for Risky Gains and Losses. *Psychological Science*, 18(11), 958–964. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.02009.x>
- Werner, N. S., Duschek, S., & Schandry, R. (2009). Relationships between affective states and decision-making. *International Journal of Psychophysiology*, 74(3), 259–265. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2009.09.010>
- Whitney, K. (2004). Comparative neuropsychological function in obsessive-compulsive disorder and schizophrenia with and without obsessive-compulsive symptoms. *Schizophrenia Research*, 69(1), 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2003.08.013>

- Wheeler, E. Z., & Fellows, L. K. (2008). The human ventromedial frontal lobe is critical for learning from negative feedback. *Brain*, 131(5), 1323–1331. <https://doi.org/10.1093/brain/awn041>
- Whittle, N., Fadok, J., MacPherson, K. P., Nguyen, R., Botta, P., Wolff, S. B. E., Müller, C., Herry, C., Tovote, P., Holmes, A., Singewald, N., Lüthi, A., & Cioocchi, S. (2021). Central amygdala micro-circuits mediate fear extinction. *Nature communications*, 12(1), 4156. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24068-x>
- Wilder, K. E., Weinberger, D. R., & Goldberg, T. E. (1998). Operant conditioning and the orbitofrontal cortex in schizophrenic patients: unexpected evidence for intact functioning. *Schizophrenia Research*, 30(2), 169–174. [https://doi.org/10.1016/S0920-9964\(97\)00135-7](https://doi.org/10.1016/S0920-9964(97)00135-7)
- Winton, W. M., Putnam, L. E., & Krauss, R. M. (1984). Facial and autonomic manifestations of the dimensional structure of emotion. *Journal of Experimental Social Psychology*, 20(3), 195–216. [https://doi.org/10.1016/0022-1031\(84\)90047-7](https://doi.org/10.1016/0022-1031(84)90047-7)
- Wright, R. J., & Rakow, T. (2017). Don't sweat it: Re-examining the somatic marker hypothesis using variants of the Balloon Analogue Risk Task. *Decision*, 4(1), 52–65. <https://doi.org/10.1037/dec0000055>
- Wyckmans, F., Otto, A. R., Sebold, M., Daw, N., Bechara, A., Saeremans, M., Kornreich, C., Chatard, A., Jaafari, N., & Noël, X. (2019). Reduced model-based decision-making in gambling disorder. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56161-z>
- Xiao, L., Bechara, A., Grenard, L. J., Stacy, W. A., Palmer, P., Wei, Y., Jia, Y., Fu, X., & Johnson, C. A. (2009). Affective decision-making predictive of Chinese adolescent drinking behaviors. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 15(4), 547–557. <https://doi.org/10.1017/S1355617709090808>
- Xiao, L., Bechara, A., Gong, Q., Huang, X., Li, X., Xue, G., Wong, S., Lu, Z. L., Palmer, P., Wei, Y., Jia, Y., & Johnson, C. A. (2013). Abnormal affective decision making revealed in adolescent binge drinkers using a functional magnetic resonance imaging study. *Psychology of addictive behaviors : journal of the Society of*

- Psychologists in Addictive Behaviors, 27(2), 443–454.
<https://doi.org/10.1037/a0027892>
- Zelazo, P. D. (2015). Executive function: Reflection, iterative reprocessing, complexity, and the developing brain. *Developmental Review*, 38, 55–68. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2015.07.001>
- Zou, Z., Saha, T. T., Roy, S., Shin, S. W., Backman, T. W. H., Girke, T., White, K. P., & Raikhel, A. S. (2013). Juvenile hormone and its receptor, methoprene-tolerant, control the dynamics of mosquito gene expression. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(24). <https://doi.org/10.1073/pnas.1305293110>

CAPÍTULO X. Anexos.

ANEXO I. CONSENTIMIENTO INFORMADO

TITULO: Inflexibilidad cognitiva, disfunción ejecutiva y desregulación emocional: su implicación en el consumo de drogas y en el maltrato.

INVESTIGADORES PRINCIPALES: Azahara Miranda Gálvez, José Luis Mata Martín.

CENTRO: Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico. Facultad de Psicología de la Universidad de Granada

Nos dirigimos a usted para solicitar su consentimiento de participación en esta investigación. El objetivo de este documento es informarle sobre el estudio en el que le invitamos a participar y su duración total es de aproximadamente 120 minutos. Nuestra intención es que usted reciba la información correcta y suficiente para que pueda decidir si quiere o no participar en el mismo. Para ello lea esta hoja informativa con atención y nosotros le aclararemos las dudas que le puedan surgir después de la explicación.

El propósito de este estudio es estudiar los mecanismos subyacentes que median entre la inflexibilidad cognitiva, la función ejecutiva y la regulación emocional en conductas adictivas y violentas.

El estudio consistirá en:

- Responder varios cuestionarios sobre respuestas emocionales y personalidad.
- Realizar una tarea que mide la función ejecutiva, la Iowa Gambling Task.
- Evaluación de las respuestas psicofisiológicas.

Debe saber que su participación en este estudio es voluntaria y que puede decidir no participar o cambiar su decisión en cualquier momento.

De acuerdo con la ley vigente usted tiene derecho a conocer los resultados que haya obtenido en los cuestionarios que va a realizar. Sus datos recogidos para el estudio estarán identificados mediante un código y sólo los investigadores principales del estudio y sus colaboradores podrán relacionar dichos datos con usted. Los investigadores se comprometen a la confidencialidad y utilizarán los resultados solo con fines científicos sin mencionar su identidad. Estos resultados pueden ser comunicados en congresos y también publicarse en revistas científicas. Bajo ningún concepto se emplearán estos datos con fines comerciales, ni se usará su información con fines publicitarios.

El tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal de todos los participantes se ajustará a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, del 13 de diciembre, de protección de datos de carácter personal, y en su reglamento de desarrollo. De acuerdo a lo que establece la legislación mencionada, usted puede ejercer los derechos de acceso,

modificación, oposición y cancelación de datos, para lo cual deberá dirigirse a los investigadores principales del estudio mediante correo electrónico: Azahara Miranda Gálvez (azaharamg@ugr.es) y José Luis Mata (matamar@ugr.es).

Sus datos serán tratados informáticamente y se incorporarán a un fichero automatizado de datos de carácter personal cuyos responsables son Azahara Miranda Gálvez y José Luis Mata Martín.

Ninguno de los investigadores recibe compensación económica por este estudio y la realización del mismo tiene como único objeto el aumento del conocimiento científico en el tema investigado.

La participación en este estudio se compensará con puntos en algunas asignaturas del Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico. Por tu participación podrás llegar a recibir un máximo de 0.5 puntos. En caso de no participación en el estudio, o abandono voluntario, podrás acceder al mismo tipo de compensación realizando las actividades alternativas que estén previstas en las distintas guías docentes de aquellas asignaturas donde sea válido el certificado de participación. Estas actividades serán proporcionales en tiempo y esfuerzo a la participación en este experimento.

Nº Participante:

--	--	--	--

ANEXO II. CONSENTIMIENTO INFORMADO

TITULO: Inflexibilidad cognitiva, disfunción ejecutiva y desregulación emocional: su implicación en el consumo de drogas y en el maltrato.

INVESTIGADORES PRINCIPALES: Azahara Miranda Gálvez y José Luis Mata Martín.

CENTRO: Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico. Facultad de Psicología de la Universidad de Granada

He sido informada/o sobre las características del estudio, he leído la hoja de información y comprendido las explicaciones ofrecidas por el investigador. Así mismo, he podido hacer las preguntas que he considerado oportunas.

De acuerdo a las consideraciones anteriores, doy mi consentimiento a participar en el estudio voluntariamente.

Nombre y apellidos _____

DNI _____

Teléfono: _____

Email: _____

Firma del participante

Fecha:

Se asegura explícitamente la confidencialidad de los datos (art. 15.2) y no se mencionará al participante en caso necesario sin su autorización.

Se asegura explícitamente la confidencialidad de los datos (art. 15.2) y no se mencionará al participante en caso necesario sin su autorización.

Nombre y apellidos del investigador: Azahara Miranda Gálvez DNI: 30994023M

Firma del investigador:

Fecha:

☐ No otorgo mi consentimiento a participar y a revocarlo en cualquier momento del estudio (art. 4.3).

Firma del participante

Fecha de revocación