

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

SECCION PSICOLOGÍA

**Bases neuronales de la conducta de riesgo
de los adolescentes en escenarios
simulados de la vida real**

TESIS DOCTORAL CON MENCIÓN INTERNACIONAL

Iván Padrón González

LA LAGUNA, 2015

La Dra. MARÍA JOSEFA RODRIGO LÓPEZ y el Dr. MANUEL DE VEGA RODRIGUEZ, profesores titulares del Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación de la Universidad de La Laguna y del Departamento Psicología Cognitiva, Social y Organizacional de la Universidad de La Laguna respectivamente,

CERTIFICAN: Que la Tesis Doctoral titulada “Bases neuronales de la conducta de riesgo de los adolescentes en escenarios simulados de la vida real”, realizada por D. Iván Padrón González ha sido realizada bajo su dirección, constituye un trabajo original de investigación y reúne los requisitos suficientes para optar al grado de Doctor.

Y para que así conste y a los efectos oportunos firman el presente documento en La Laguna a 27 de Mayo de 2015.

Dra. María Josefa Rodrigo López

Dr. Manuel de Vega Rodríguez



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

SECCION PSICOLOGÍA

**Bases neuronales de la conducta de riesgo
de los adolescentes en escenarios
simulados de la vida real**

TESIS DOCTORAL CON MENCIÓN INTERNACIONAL

Iván Padrón González

Directores:

Dra. María Josefa Rodrigo López

Catedrática de Psicología Evolutiva y de la Educación de la Universidad de La Laguna

Dr. Manuel de Vega Rodríguez

Catedrático de Psicología Cognitiva de la Universidad de La Laguna

San Cristóbal de La Laguna, 2015

El desarrollo de esta Tesis Doctoral ha sido posible gracias a las siguientes fuentes de financiación:

- Subprograma de Formación Personal Investigador del Ministerio de Ciencia e Innovación (referencia BES-2008-001939).
- Programa Nacional de Proyectos de Investigación Fundamental (Referencia: SEJ2007-67082, “Resolución de conflictos en contextos educativos, autorregulación y actividad prefrontal en la adolescencia”), Ministerio de Ciencia e Innovación.
- Programa Nacional de Proyectos de Investigación Fundamental (Referencia: PSI2012-32879, “Bases neuronales y personales de la conducta de riesgo de los adolescentes en escenarios simulados de la vida real”), Ministerio de Economía y Competitividad.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a las siguientes personas e instituciones que con su apoyo emocional, intelectual y económico, han hecho posible la realización de esta tesis doctoral, cumpliendo así uno de los objetivos más importantes para mí:

- A mis padres; Cristóbal y Rosa, y mi hermana Davinia, por enseñarme el valor de la constancia, el esfuerzo y el cariño por el trabajo bien hecho.
- A Ana por su comprensión, su afecto y apoyo incondicional. Todas las palabras que ponga en este texto son pocas para mostrarte mi agradecimiento.
- A mis directores de Tesis, María Josefa Rodrigo López y Manuel de Vega Rodríguez, quienes con su inteligencia y experiencia han sabido orientarme para vislumbrar el sol cuando solo veía nubarrones.
- A los equipos Directivos, Profesores y Alumnos de los Institutos I.E.S. San Marcos, por su amabilidad y valiosísima predisposición a la colaboración con esta investigación.
- Al ministerio de Ciencia e Innovación español, por la concesión de la Beca FPI, para poder sustentar económicamente esta travesía.
- Al proyecto Neurocog, por acogerme dentro de su grupo de trabajo. Su valiosa formación ha sido una ayuda inmejorable para la realización de esta tesis.
- A los directores y compañeros/as que me acogieron en los centros donde realice las estancias de investigación; Centro de Neurociencias de Cuba, Instituto Universitario de Investigación en Ciencias de la Salud en Mallorca y Institut für Informatik und Gesellschaft de Freiburg, por tener la amabilidad de explicarme conceptos abstractos en algo sencillo y de forma divertida.
- A todos mis compañeros/as de Despacho que han compartido conmigo alguna vivencia a lo largo de todo mi periplo investigador.
- A aquellos que por descuido no haya mencionado, pero que sabrán comprenderlo.

Gracias a todos/as por brindarme la oportunidad de disfrutar haciendo ciencia.

Dedicado a:

A mi Familia, a los que debo todo.

A Ana, mi compañera de viaje.

“Soy de las que piensan que la ciencia tiene una gran belleza. Un científico en su laboratorio no es sólo un técnico: es también un niño colocado ante fenómenos naturales que le impresionan como un cuento de hadas.”

Marie Curie

Índice General

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS	6
ABREVIATURAS	9
EXTENDED SUMMARY.....	13
CAPÍTULO 1. MARCO TEORICO: CORRELATOS NEURONALES DE LA ASUNCIÓN DE RIESGOS DURANTE LA ADOLESCENCIA.....	19
1.1. LA ADOLESCENCIA COMO ÉPOCA DE CAMBIOS.	20
Introducción. Definiendo la adolescencia.....	20
Cambios puberales: del cuerpo infantil al cuerpo adulto.....	23
Cambios neuronales.....	27
Cambios cognitivos: el surgimiento de nuevas formas de pensar.....	37
Cambios en la personalidad: el camino hacia la identidad personal.....	38
Cambios sociales: acercamiento al grupo de iguales.....	38
1.2. ASUNCION DE RIESGOS DURANTE LA ADOLESCENCIA: UN ENFOQUE CONDUCTUAL	40
Datos de las conductas de riesgo con muestra española.	41
¿Por qué es importante estudiar la asunción de comportamientos de riesgo?.....	45
Modelos psicosociales de la percepción y asunción de riesgos.....	46
La búsqueda de sensaciones en la asunción de riesgos durante la adolescencia.	49
La presión del grupo de iguales en la asunción de riesgos durante la adolescencia.....	52
1.3. LA TOMA DE DECISIONES DE RIESGOS DURANTE LA ADOLESCENCIA: BASES NEURONALES	55
A) ANÁLISIS DEL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES	56
Introducción.....	56
Mapa temporal de la toma de decisiones	58
B) MODELOS TEORICOS DEL DESARROLLO NEUROCOGNITIVO DE LA TOMA DE DECISIONES DE RIESGO DURANTE LA ADOLESCENCIA.....	64
Los avances en la neurociencia evolutiva de la adolescencia.....	64
El modelo dual de la asunción de riesgos durante la adolescencia.....	65
El modelo tríadico del comportamiento motivado de Ernst (2014).....	75
1.4. EL CEREBRO SOCIAL: HACIA UN MODELO COMPREHENSIVO DE LAS DECISIONES DE RIESGO.....	83

¿Qué es la teoría de la mente (TOM)?	84
Modelos explicativos de la TOM	85
Estudios con fMRI sobre la ToM	87
Definición anatómica del sistema de mentalización	87
Desarrollo de la capacidad de mentalización durante la adolescencia	89
1.5. HACIA UN NUEVO PARADIGMA EXPERIMENTAL MÁS NATURALISTA	91
Activación neuronal en las decisiones de riesgo y las decisiones ambiguas	91
La necesidad de utilizar un paradigma de situaciones reales frente al juego	94
CAPÍTULO 2. OBJETIVOS, DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA DE RESONANCIA MAGNÉTICA	
FUNCIONAL	97
2.1. OBJETIVOS.....	98
Objetivos conceptuales.....	99
Objetivos metodológicos	99
2.2. DISEÑO DE LA TESIS	99
2.3. METODOLOGIA DEL ESTUDIO NEUROFUNCIONAL	102
Fundamentos físicos de la imagen por resonancia magnética	103
La resonancia magnética funcional.....	106
Adquisición de datos de fMRI.	109
Procesado de imágenes de resonancia.....	111
Análisis estadístico	114
CAPÍTULO 3. ESTUDIOS NORMATIVOS. Elaboración y validación del material experimental: las	
situaciones de riesgo, sus opciones y consecuencias.	119
3.1. INTRODUCCION.....	120
3.2. SELECCIÓN DE LAS SITUACIONES Y LAS OPCIONES DE RIESGO	121
Exploración y valoración de las situaciones y opciones de riesgo y ambiguas.....	121
Elaboración de las situaciones y opciones de riesgo y ambiguas	122
3.3. ESTUDIO NORMATIVO PARA VALIDAR LAS SITUACIONES Y OPCIONES DE RIESGO	123
Introducción	123
Descripción de los participantes	124
Descripción de las variables	125

Análisis estadísticos	125
Resultados de la vivencia de las situaciones.....	126
Resultados del grado de riesgo de las opciones	128
Procedimiento y criterios para seleccionar o eliminar cada situación.	130
3.4. ESTUDIO NORMATIVO PARA VALIDAR LAS OPCIONES AMBIGUAS	131
Introducción	131
Descripción de los participantes	132
Análisis estadísticos	133
Resultados del porcentaje de elecciones entre las opciones A y B	133
Resultados de la evaluación del grado de riesgo de las opciones A y B	133
Relación entre la opción A y la Opción B	134
Procedimiento y criterios para seleccionar o eliminar cada situación.	134
3.5. ESTUDIO NORMATIVO PARA VALIDAR LAS CONSECUENCIAS	135
Introducción	135
Descripción de los participantes	136
Descripción de las variables	137
Análisis estadísticos	137
Resultados.....	137
Procedimiento y criterios para seleccionar o eliminar cada consecuencia.	138
3.6. CONCLUSIONES	139
CAPITULO 4. ESTUDIO CONDUCTUAL. Toma de decisiones y procesamiento de las consecuencias en situaciones de riesgo y ambiguas.....	141
4.1. INTRODUCCIÓN.....	142
La toma de decisiones de riesgo y las decisiones ambiguas.....	143
Diferencias de edad y sexo en el proceso de toma de decisiones y evaluación emocional de las consecuencias	145
Diferencias individuales	146
El presente estudio	146
4.2. MÉTODO	149
Participantes	149
Instrumentos.....	150

Tarea experimental	153
Procedimiento.....	156
Diseño	158
4.3. RESULTADOS	158
FASE DE DECISION.....	158
Porcentaje de elecciones peligrosas y seguras en las situaciones de riesgo	158
Tiempo de decisión en las situaciones de riesgo	160
Porcentaje de elección y tiempo de la toma de decisiones de las situaciones ambiguas.....	163
FASE DE CONSECUENCIAS.....	163
Tiempo de lectura de las consecuencias.....	163
Evaluación emocional de las consecuencias.....	165
Tiempo de evaluación emocional	167
Tiempo observando la puntuación en la condición de feedback	169
Resultados de las diferencias individuales.....	170
4.4. DISCUSIÓN	175
Conclusión.....	180
CAPÍTULO 5. A NEUROFUNCTIONAL STUDY ON RISK DECISION - MAKING PROCESS IN THE ADOLESCENCE.....	183
5.1. INTRODUCTION.....	184
Risk and ambiguous decision-making	184
Risk decision-making in social contexts	185
Adolescent risk decision-making.....	186
Current study	187
5.2. MATERIALS AND METHODS	191
Participants	191
The Social Context Decision Task (SCDT)	192
fMRI procedure	195
MRI data acquisition	196
fMRI pre-processing and statistical analysis	197
5.3. RESULTS.....	199
Behavioral results.....	199

Brain regions involved in risk versus ambiguous conditions	200
Brain regions involved in dangerous versus safe options in risk situations	203
Age- and gender-related modulations of neural processes in the SCDT	205
5.4. DISCUSSION.....	207
CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN GENERAL.....	215
6.1. LIMITACIONES	221
6.2. IMPLICACIONES PRÁCTICAS	222
6.3. INVESTIGACIONES FUTURAS.....	222
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONS.....	225
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	229
9. ANEXOS	277

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

Figura 1.1. Factores que influyen en la maduración del cerebro adolescente.

Figura 1.2. Modelo hipotético de los procesos básicos en la toma de decisiones en cada una de las etapas.

Figura 1.3. Ilustración del volumen de materia gris sobre la corteza cortical desde los 5 hasta los 20 años.

Figura 1.4. Representación gráfica de los constructos implicados en el modelo dual de la asunción de riesgo de los adolescentes.

Figura 1.5. Tendencia de un decrecimiento de la edad de la menarquia en último siglo en los países de Francia, Holanda, USA, Hungría, Alemania y Reino Unido.

Figura 1.6. El modelo Tríadico.

Figura 2.1. Secuencia de estudios realizados en la Tesis.

Figura 2.2. Escáner de resonancia magnética de 3.0 T de la Universidad de La Laguna, fabricado por General Electric.

Figura 2.3. Precesión de un protón. En la imagen, corresponde al movimiento del eje de rotación sobre las curvas discontinuas.

Figura 2.4. Imagen anatómica potenciada en T1 y T2.

Figura 2.5. Ejemplo de función de respuesta hemodinámica (HRF).

Figura 2.6. Gafas compatibles con resonancia magnética para la presentación de estímulos visuales.

Figura 2.7. Simulador de resonancia magnética.

Figura 2.8. A) Diseño de bloques y B) Diseño relacionado con eventos.

Figura 2.9. Gráficos correspondientes a la corrección de movimientos de una fase de realineado.

Figura 2.10. A. Imagen funcional sin procesar. B. Plantilla normalizada MNI. C. La primera imagen funcional normalizada. D. La imagen funcional normalizada y suavizada.

Figura 2.11. Dos tipos de representación de los resultados de fMRI.

Figura 4.1. Secuencia de los ensayos (Cuadros azules) y las medidas registradas (Cuadros Blancos).

Figura 4.2. Porcentaje de elecciones seguras y peligrosas en función de la edad.

Figura 4.3. Porcentaje de elecciones seguras y peligrosas en función del sexo

Figura 4.4. Porcentaje de elecciones seguras y peligrosas en función de las versiones de la tarea.

Figura 4.5. Tiempo de decisión de elecciones seguras y peligrosas en función de las versiones de la tarea.

Figura 4.6. Tiempo de decisión de las opciones seguras y peligrosas en función de la edad.

Figura 4.7. Tiempo de decisión de elecciones seguras y peligrosas en función del sexo.

Figura 4.8. Tiempo de lectura de las consecuencias en función de la edad.

Figura 4.9. Tiempo de lectura de las consecuencias en función del sexo.

Figura 4.10. Valencia positiva y negativa de las consecuencias en función del sexo.

Figura 4.11. Valencia positiva y negativa de las consecuencias en función de la versión experimental.

Figura 4.12. Tiempo realizando la evaluación emocional de las consecuencias en función de la edad.

Figura 4.13. Tiempo realizando la evaluación emocional de las consecuencias en la condición de feedback en función de la edad.

Figura 4.14. Tiempo observando la puntuación del feedback en función de la edad

Figure 5.1. (A) Examples of SCDT (Social Context Decision Task), in risk and ambiguous scenarios. (B) Temporal sequence of events in a trial.

Figure 5.2. The clusters of activation in the whole-brain analyses for the contrast Risk > Ambiguity (corrected FWE, $p=.001$ and $K>10$; $N = 60$), are circled for several regions. Changes in the BOLD signal (percent) across time for the same regions for the risk (blue) and the ambiguity (red) conditions are also show, using time intervals of 2.5 s.

Figure 5.3. (A) The clusters of activation in the whole-brain analyses for the contrast *Dangerous* > *Safe choice* (uncorrected threshold, $p = .0001$ and $K > 10$; $N = 60$) are circled for several regions. Changes in the BOLD signal (percent) across time for the same regions for the dangerous (blue) and safe (green) options are also shown, using time intervals of 2.5 seconds. (B) Differential activations in Young adults ($N = 30$) compared to Adolescents ($N = 30$) in the contrast *Dangerous* > *Safe choice* (uncorrected threshold, $p = .0001$ and $K > 10$), produced two bilateral clusters in the middle temporal gyrus and the right pre-supplementary area. The changes in the BOLD signal across time for these regions in each age group are shown, using time intervals of 2.5 seconds.

Figure 5.4. (A) Differential activations in Adolescents (N = 30) compared to Young adults (N = 30) in the contrast *Risk > Ambiguity*, produced two significant clusters in the right DLPFC and the right TPJ. The changes in the BOLD signal across time for these regions are also shown in each age group. (B) Differential activations in Females (N = 30) compared to Males (N = 30), in the contrast *Risk > Ambiguity*, produced two clusters in the right insula and the superior temporal gyrus. Also the changes in the BOLD signal across time are shown for these regions in each gender group, using time intervals of 2.5 seconds. Age and gender results were significant at an uncorrected threshold of $p = .001$, and $K > 10$.

TABLAS

Tabla 1.1. Componentes principales y función de los módulos del modelo triádico.

Tabla 3.1. Contrastes t comparando las puntuaciones en las opciones peligrosas frente a las opciones seguras por cada dominio.

Tabla 4.1. Tabla de contingencias entre las elecciones, las consecuencias y el feedback de popularidad y salud.

Tabla 4.2. Resumen del Análisis de regresión lineal jerárquico

Tabla 4.3. Medias, desviaciones típicas y correlaciones según las variables del estudio.

Table 5.1. Significant clusters of activation in the whole-brain analysis for the contrast *Risk > Ambiguity* for all the participants (N=60) and by age and gender groups (FWE, corrected, $p < .001$; except contrasts marked with symbol * that employed an uncorrected threshold of $p < .001$; extent threshold > 10 voxels).

Table 5.2. Significant clusters of activation in the whole-brain analysis for the contrast *Dangerous choice > Safe choice* (N=60) and by age groups (FWE, corrected, $p < .0001$); except contrasts marked with symbol * that employed an uncorrected threshold of $p < .0001$; extent threshold > 10 voxels).

ABREVIATURAS

ACC	Anterior Cingulate CórteX
ANOVA	Análisis de Varianza
B1	Globo Azul
B2	Globo Amarillo
B3	Globo Naranja
BA	Brodman Area
BART	Balloon Analogue Risk Task
BAS	Behavioral Approach System
BEM	Búsqueda de Emociones
BEX	Búsqueda de Experiencias
BOLD	Blood Oxygenation Level Dependent
BS	Escala de Búsqueda de Sensaciones
DA	Dopamina
DAT	Dopamine Active Transporter
DES	Desinhibición
DHEA	Dehidroepiandrosterona
DLPFC	Dorsolateral Prefrontal CórteX
DT	Desviación Típica
DTI	Diffusion Tensor Imaging
EEG	Electroencefalografía
EM	Empatía

FA	Fantasía
FDR	False Discovery Rate
FIR	Finite Impulse Response
FWE	Family Wise Error
GH	Growth Hormone
GLM	General Lineal Model
GnRH	Gonadotropins Releasing Hormone
HBSC	Health Behaviour in School Aged Children
HRF	Hemodynamic Response Function
ICA	Independt Component Analysis
IFG	Inferior Frontal Gyrus
IGT	Iowa Gambling Task
IRI	Índice de Reactividad Interpersonal
FIR	Finite Impulse Response
fMRI	Functional Magnetic Resonance Image
FOV	Field of View
FSH	Follicle – Stimulating Hormone
FWHM	Full Width at Half Maximum
LH	Luteinizing Hormone
M	Media
MCS	Modelo de Creencias de Salud
MNI	Montreal Neurological Institute
mPFC	Medial Prefrontal CórteX

MTG	Middle Temporal Gyrus
OFC	Orbitofrontal córtex
PCC	Posterior Cingulate Córtex
PD	Personal Distress
PFC	Prefrontal Córtex
PREC	Precuneus
pSTS	Posterior Superior Temporal Sulcus
RM	Resonancia Magnética
ROI	Region of Interest
RPI	Resistance to Peer Influence
SAB	Susceptibilidad hacia el Aburrimiento
SCDT	Social Context Decision Task
SB	Sustancia Blanca
SD	Standard Deviation
SG	Sustancia Gris
SMA	Supplementary Motor Area
SPM	Statistical Parametric Mapping
ST	Simulation Theory
T1	Relajación longitudinal
T2	Relajación transversal
TDAH	Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad
TDCS	Tarea de Decisiones en Contextos Sociales
TE	Tiempo de Eco.

TEP	Temporal Pole
TMS	Transcranial Magnetic Stimulation
ToM	Theory of Mind
TP	Toma de Perspectiva
TPJ	Temporoparietal Funcional
TR	Tiempo de Repeticion
TT	Theory Theory
VIH	Virus de la Inmunodeficiencia Humana
vmPFC	Ventromedial Prefrontal Cortex
VS	Ventral Striatum
YRBS	Youth Risk Behavior Survey

EXTENDED SUMMARY

Adolescence is characterized by a tendency to engage in risky behaviors, that is, those with high subjective desirability but great potential for harm (Geier & Luna, 2009). These include, among others, practicing dangerous sports, drinking alcohol, engaging in unsafe sex and experimentation with addictive substances, all practices that occur more frequently during adolescence and early youth under the age of 25 (Youth Risk Behavior Survey, 2013). This increase in risk behavior occurs despite adolescents are highly skilled in risk perception and assessment of the severity of the consequences that may arise from its decisions (Reyna & Farley, 2006). Recent advances in the study of the brain using functional magnetic resonance imaging techniques seek explanations for the increase in risk behaviors based on the peculiarities of neurological development in adolescence (e.g., Blakemore, 2011). Studies suggest that many of the characteristics of adolescents (eg, impulsiveness, poor judgment and poor planning, sensation seeking, difficulty delaying gratification) and their increased vulnerability to risky behavior are due to the existence of different rhythms of maturity of two brain networks: the socio-emotional network and the control cognitive network (Steinberg, 2008, 2010; Somerville, Jones & Casey, 2010), and that this imbalance can be the key to increased risk behaviors (Casey, Jones & Somerville, 2011).

When confronted to decision-making tasks involving risk choices, the adolescent brain typically shows a high activation in the socio-emotional network where brain areas are especially sensitive to social and emotional stimuli that are particularly relevant in the search for rewards (subcortical areas). This network is remodeled during early adolescence and is dependent on hormonal changes of puberty. The adolescent brain also shows activations in a network of cognitive control in most cortical areas (prefrontal, parietal cortices and anterior cingulate cortex) related to the control of executive functions, such as action planning, self-regulation to avoid negative consequences or thinking of the future. This network changed more gradually throughout adolescence to adulthood maturity, and it is independent of the development of puberty. Thus, adolescence is a period in which the socioemotional network becomes more abruptly active, while the cognitive control network improved very gradually over the entire

period (Steinberg, 2008). The clearest manifestation of this maturation imbalance in the neurological development is an increase in risk-taken behavior.

However, recent reviews suggest that the dual model cannot be generalized to all contexts or tasks (Crone & Dahl, 2012; Pfeifer & Allen, 2012). For example it is known that the presence of peers in a simulated driving task modifies the pattern of brain activations producing increasing activation of areas in the ventral-striatum (VS) and orbitofrontal cortex (OFC) and decreasing activations of the frontal areas associated with cognitive control, such as the dorsolateral-prefrontal (DLPFC) (Gardner & Steinberg, 2005). However, the pattern of results changed when this task was performed in a social exclusion context involving peers. Along with the increased activations in the DLPFC and OFC to safe decisions, other regions related to the theory of mind were activated, such as the posterior cingulate cortex, precuneus, medial PFC and bilateral temporoparietal juncture or TPJ (Peake, Dishion, Stormshak, Moore & Pfeifer, 2013), suggesting that there are other regions of interest involved in the decision- making task when involving a social context.

Despite their potential relevance, few studies have investigated the adolescents' risk decisions when they are presented with social scenarios in which the presence of the others could modulate their decisions. These scenarios may require the mentalizing ability or theory of mind to explain and predict the others' behavior and attribute independent mental states to them, such as thoughts, beliefs and desires (Premack & Woodruff, 1978; Frith & Frith, 2003). Therefore, in this thesis we designed a new experimental paradigm aimed at exploring the behavioral and neurological bases of the risk decision-making process in adolescents and young adults, using verbal scenarios describing real-life situations in presence of peers. With this purpose we created the social context decision-making task (SCDT), involving verbal narratives describing situations in which the participants are asked to image themselves either involved in risky/safe choices (e.g., drinking a lot or staying sober) in risk situations, or neutral choices (e.g., eating a hamburger or a hotdog) in ambiguous situations.

We conducted normative studies to elaborate the written materials to be used in the SCDT. We started running focal groups to gain knowledge about the adolescents' real experiences of

risk situations and decisions in several age groups. The same procedure was followed for the ambiguous situations. Next, sixty participants were asked to report whether they had been involved in or personally witnessed a similar situation or not. Then, they were given examples of risky and safe options for each situation, and asked to rate on a scale of 1 to 5 how dangerous these actions would be for the protagonist, the same was done for neutral situations. Based on the results of the ratings, we identified 40 risk situations (40% self-experienced and 60% eye-witnessed) distributed among the four domains selected from the Youth Risk Behavior Survey (2013). They belonged to four domains: Behaviors that contribute to unintentional injuries (e.g., jumping into the sea from a high rock), risky sporting practices (e.g., climbing without appropriate equipment), unhealthy behaviors (e.g., competing to demonstrate who can eat more burgers), and alcohol and other drug use (e.g., consuming cocaine). For the ambiguous situations, sixty neutral options were also created and participants had to choose between the two neutral options. The choices were also tested for how dangerous these actions would be for the protagonist and we eliminated those with significant age and gender differences. The length of the sentences in the scenarios was matched in the number of words and unfamiliar words were avoided in all the scenarios. A set of positive and negative consequences were also created and tested for the emotional valence associated to these consequences, but only the decision phase was analyzed for this study.

Example of a risk situation:

“You are in a disco with your close friend. In the toilet you and your friend meet a guy who offers you cocaine”.

–Decision: 1) “You buy it” (risky choice), 2) “you tell him that you are not interested” (safe choice).

–Consequences (risky choice): 1) Negative: “You got very sick and had to go to the hospital”, or 2) Positive: “you had a big “high” and felt great”

–Consequences (safe choice): Positive: “You enjoyed dancing with your friends”.

Example of an ambiguous situation:

“You are in a restaurant with your friend checking the menu for lunch”.

–Decision: 1) “You decided to get a hamburger”, 2) “you decided to get a hot-dog”

–Consequence: 1) Negative: “The mayonnaise was spoiled and you got sick and had to go to the hospital”; 2) Positive: “You enjoyed the meal as it was very good”.

In the next behavioral study two main issues were addressed: a) to examine the decision-making process in risk and ambiguous situations in the SCDT, and b) to manipulate the presence or absence of feedback, containing information on the impact of decision-making consequences on health and popularity. There were two types of decisions: risk decisions (e.g., drug taking or reject) and neutral decisions (e.g., eating a burger or pizza) and the consequences could be positive or negative. The sample for the study was 256 participants divided equally into groups of adolescents (13-14 years; 15-16; 17-18) and young adults (19-20 years). An experimental paradigm was set up involving a sequence of events presented on the computer screen, for the risk and ambiguous situations: 1) A second-person scenario describing “you” as accompanied by a close friend; 2) The two alternative options for the decision-making task in that scenario; 3) The consequence of the choice selected, either positive or negative, following a pre-set table of contingencies that participants were unaware of; 4) The emotional rating scale, where participants had to indicate “how do you feel about what just happened?” using a linear scale from –5 (extremely bad) to +5 (extremely good), placed at the bottom of the screen; and 5) The feedback information (half of the trials), where participants were informed about the gains and losses in health and peer popularity depending on the choice made and the negative or positive consequence received.

The results of the first research question showed that participants choose more risky decisions and made more rapid decisions when presenting them with the feedback, than when no such information was presented, indicating a negative impact on health and a positive impact on the popularity with their peers. Decision times were shorter with age, being much longer for risk decisions than for safe decisions in late adolescence and young adulthood as well as in women, which is probably due to an improvement in the executive functioning. These results are consistent with the dual model of risk taking, which postulates a competition between socio-

affective processes and control processes. The presence of feedback in risk decisions increases the relevance of socio-affective evaluation processes that seems to overweight control cognitive evaluation processes.

The results of the second research question showed that the presence of feedback information produced a selective emotional attenuation only for the negative consequences but not for the positive ones. Overall, the ability to perform faster emotional evaluations increased with age. However, when participants did not receive the feedback the emotional evaluation took longer with age, indicating a further elaboration of the emotional judgment. Considering these results, we proceeded to perform a neuroimaging study using the same experimental paradigm but with no feedback, given its distorting effects on the decision-making process and in the emotional evaluation of the consequences.

The neuroimaging study explored the neural correlates that underlie the decision-making process in social contexts in the SCDT. The main interest of this study was to examine to what extent the social cognitive or theory of mind regions were activated besides the aforementioned control and socioemotional brain regions in late adolescence and young adulthood. For this study 60 participants, men and women, from two age groups (17-18 years adolescents and young adults (21-22 years) were scanned while performing the SCDT involving the same sequence of events in 40 risk scenarios and 40 ambiguous scenarios as in the previous behavioral study.

The pattern of activations in risk scenarios compared with ambiguous scenarios showed a bilateral activation in the temporoparietal junction (TPJ), the middle temporal gyrus (MTG), the right medial prefrontal cortex (mPFC) and the bilateral precuneus, i.e., brain regions related social cognition such as self-reflection and theory of mind. Furthermore, in risk situations compared to the ambiguous situations brain structures related to cognitive control (ACC right DLPFC and bilateral OFC) were activated, while no significant cluster found in the reward system (VS). Choosing the dangerous option involved the activation of areas of control (ACC) and areas of social and emotional cognition (temporal lobe). In terms of age, adolescents used more neural resources than young adults in the right dorsolateral prefrontal cortex DLPFC and the right TPJ in risk situations than in ambiguous situations. For the dangerous choices, young

adults showed greater involvement of the brain regions associated with theory of mind (bilateral middle temporal gyrus) and the regions connected to the motor planning of the action (supplementary motor area). Finally, the right insula and right superior temporal gyrus were more activated in women than in men, suggesting a more emotional involvement and a more intensive modeling of the others' perspective in the decision-making process.

Overall, the results of this thesis highlight the need to build up a more comprehensive model of risk decision-making in social contexts incorporating the role of cognitive, emotional and social cognition processes, overcoming the dual dominant view in the field.

CAPÍTULO 1. MARCO TEORICO: CORRELATOS NEURONALES DE LA ASUNCIÓN DE RIESGOS DURANTE LA ADOLESCENCIA

1.1. LA ADOLESCENCIA COMO ÉPOCA DE CAMBIOS.

Introducción. Definiendo la adolescencia

Habitualmente el término adolescencia se utiliza para describir una etapa de transición situada entre la segunda infancia y la adultez temprana. La etimología de la palabra adolescencia, nos indica que proviene del latín *adolescētia* y a su vez, la palabra *adolescētia* proviene del verbo “adolesco” que expresa la idea de “el crepitar de los fuegos sagrados; los que llevan y transmiten el fuego, el crecer, desarrollarse, desenvolverse la razón, el ardor”. Justamente lo contrario al uso que se hace del termino en ámbitos educativos o periodísticos, donde se tiene una concepción del termino adolescencia como un derivado del verbo castellano “adolescer”, que proviene del verbo latino “adolescere”, que significa; “... padecer alguna dolencia habitual; caer enfermo; tener o estar sujeto a vicios, pasiones o afectos, o tener malas cualidades, causar enfermedad o dolencia”.

Esta confusión etimológica, afecta a nivel ideológico y pedagógico ya que modifica el significado de contribución y desarrollo que le daban los romanos a la adolescencia (“el que aporta el fuego de la vida nueva”), hacia un significado que denota carencia y defecto (“el que adolece, el que carece, el que tiene defecto, sufre”). Esto afecta de manera que se marcan dos concepciones antagónicas de la educación; una centrada en la supuesta “carencia del adolescente”, con el consiguiente despliegue de estrategias tendientes a “llenar, cubrir, suplantar”, este vacío, y otra centrada en el concepto de “potencial, de crecimiento, de desarrollo hacia, de capacidad para ser desarrollada, etc”, de la cual derivaría toda una estrategia pedagógica que pone énfasis en que el adolescente “alcance logros adultos”, y no en “esperar a que se le pase la enfermedad de la adolescencia para entrar al mundo del adulto”.

Independientemente de las implicaciones ideológicas y pedagógicas, es comprensible que exista esta confusión sobre los adolescentes en nuestra sociedad actual, puesto que cada día nos llegan noticias de adolescentes realizando un consumo de drogas, bebiendo alcohol, sufriendo fracaso escolar, violencia en las aulas, maltrato familiar, etc... ante esta situación, no es de

extrañar que los adolescentes no gocen de una buena imagen ante la opinión pública (Buchanan y Holmbeck, 1998; Casco y Oliva, 2005; Berrios-Valenzuela y Buxarrais-Estrada, 2013).

Por otra parte, los teóricos de la psicología se han debatido entre dos imágenes opuestas de la adolescencia. Por una parte, el psicólogo Stanley Hall en su primera obra sobre la adolescencia: “*Adolescent: Its psychology and its relations to physiology, antropology, sociology, sex, crime, religión and education*”, publicada en 1904, concibió la adolescencia como una etapa turbulenta para la especie humana. Este libro retomó el movimiento proto-romántico de la literatura germánica del S. XVIII denominado Sturm und Drang (*Storm and Stress*) que ha servido para dibujar un imagen dramática y pesimista de esta etapa evolutiva, en la que los problemas emocionales, conductuales y la toma de decisiones arriesgadas adquieren un papel central (Hall, 1904).

Afortunadamente, desde los años 70, se desarrollaron investigaciones que mostraban una imagen de la adolescencia más optimista y algo idílica, en la que la adolescencia era entendida como una etapa evolutiva en la que se enfatizaba las oportunidades de crecimiento y desarrollo positivo (Petersen, 1988; Steinberg y Morris, 2001). Se ponía pues en entredicho la visión pesimista de la adolescencia ya que diversos autores comenzaron a encontrar una menor incidencia de problemas emocionales y conductuales durante esta etapa (Coleman, 1980), y comenzaban a plantearse modelos de desarrollo positivo del adolescente basado en la competencia (Oliva, Ríos, Antolín, Parra, Hernando, Pertegal, 2010).

En definitiva, la imagen de la adolescencia como una etapa turbulenta no puede sostenerse a día de hoy, así como los resultados de diversas investigaciones tampoco sostienen una imagen idílica y optimista de este periodo evolutivo, ya que muestran la existencia de problemas importantes relacionados con áreas concretas, como los conflictos con los padres y madres, la inestabilidad emocional y las conductas de riesgo, entre otras (Oliva y Parra, 2004).

El concepto que tenemos hoy en día de adolescencia desde la psicología occidental, es un fenómeno relativamente reciente, ya que antes del siglo XX no se consideraba una fase del desarrollo; los niños llegaban a la pubertad e inmediatamente comenzaban el aprendizaje del

mundo adulto. Sin embargo, en la actualidad y principalmente en los países desarrollados, el periodo entre la pubertad y la vida adulta es más largo. Respecto a los límites cronológicos de la adolescencia, su duración y las etapas que la componen, no existe una clasificación común y unificada entre los investigadores, variando en función de los autores. Según Papalia y Olds, 1992 la adolescencia comienza alrededor de los 12 o 13 años y termina a los 19 o 20 años. Según Garrido y Fernández-Santos (1995) la adolescencia se inicia sobre los 11-12 años y finaliza entre los 18-20 años. Holmbeck, Paikof y Brooks-Gunn (1995), sitúan el comienzo de la adolescencia a los 11 años y su finalización a los 21.

Lo mismo sucede con las sub-etapas en las que se divide la adolescencia, aunque de forma general se considera que la adolescencia se puede dividir en 3 etapas en función de las tareas evolutivas a la que tienen que hacer frente; la adolescencia inicial, la adolescencia media y la adolescencia tardía Woolfolk y Perry (2014). En general, se puede afirmar que la adolescencia inicial comienza en la pubertad y finaliza a los 13 -14 años y se caracteriza por un inicio rápido de crecimiento físico y cognitivo y un cambio en el afrontamiento de las relaciones. La adolescencia media transcurre desde los 15 hasta los 17 años, y su tarea evolutiva se centra en llegar a ser personas físicamente seguras de sí mismas, afrontar la nueva sexualidad y conseguir la autonomía psicológica respecto a sus padres, y por último, la adolescencia tardía que se prolonga hasta los 19 o 20 años, donde los adolescentes deben formar un sentido más o menos claro de la identidad personal, elaborar algunos de los roles sociales y adoptar un sistema de valores y metas para iniciar la vida posterior, es un periodo de consolidación de la identidad sexual, de la toma de conciencia real y de la aceptación del yo. A partir de los 20 años comienza la adultez emergente (Arnett, 2000; Domene, Landine y Stewart, 2015).

Pero la adolescencia es mucho más que los trazos temporales que hemos explicado. La adolescencia es la etapa de transición por excelencia, una transición que se caracteriza por la presencia de importantes cambios en todas las esferas de funcionamiento del ser humano desde el nivel neurobiológico al nivel comportamental. Cambios que se producen con cierta rapidez y que, por ello, conllevan la necesidad de llevar a cabo importantes ajustes personales y sociales. Con la finalidad de comprender un poco más qué es la adolescencia y qué es lo que sucede en el cuerpo y mente de los adolescentes en los siguientes apartados revisaremos todos estos cambios.

Cambios puberales: del cuerpo infantil al cuerpo adulto

La pubertad es el periodo final del crecimiento y maduración del niño en el que se alcanza la talla final y la madurez psicosocial y reproductiva. Su inicio se caracteriza por una secuencia de cambios madurativos regulados por factores neuroendocrinos y hormonales, que actúan bajo control genético (herencia poligénica) e influjo ambiental (luz, nutrición, altura, nivel socioeconómico, disruptores endocrinos...) (Lee y Houk, 2007).

En este sentido, el desarrollo puberal se ha asociado con numerosos cambios en el cerebro ya que se ha demostrado la relación existente entre los niveles hormonales y la función neuronal. Un paso importante en el inicio de la pubertad se produce cuando el hipotálamo comienza a liberar cantidades sustanciales de la hormona gonadotropina (GnRH) a lo largo del sueño. Este disparo de GnRH facilita el resurgir del eje hipotálamo – hipófisis- gonadal que se activa por primera vez durante la vida prenatal y postnatal temprana (a veces se refieren a este periodo como la “mini-pubertad” neonatal), y luego se corta este disparo a través de mecanismos inhibitorios del hipotálamo permaneciendo en estado de reposo durante toda la infancia. Los disparos de GnRH estimulan la glándula pituitaria para producir la hormona estimulante del folículo (FSH) y la hormona luteinizante (LH), que a su vez estimulan a los ovarios y los testículos para producir las hormonas sexuales estrógeno y testosterona, respectivamente.

Los mecanismos que desencadenan el resurgir de los disparos de la GnRH durante la pubertad no se han terminado de comprender, pero sabemos que interactúan con los sistemas neuronales implicados en la regulación metabólica, el almacenamiento de energía y la regulación del sueño. En los últimos años se ha avanzado bastante en la comprensión de varios aspectos de este proceso, por ejemplo, la importancia de la hormona leptina (una proteína fabricada en la células de grasa que tiene un papel clave en la regulación de ingesta de energía, el gasto energético y el apetito) o la proteína kisspeptins que en los humanos esta codificada por el gen KISS 1 (encargado de la supresión de la metástasis) que se ha identificado que tienen un rol importante en la iniciación de la secreción de la hormona GnRH durante la pubertad (Roseweir, A. K., y Millar, R. P., 2009).

Un segundo eje neuroendocrino que construye un papel central en el desarrollo puberal está vinculado al aumento de la secreción de hormonas del crecimiento (GH) procedentes de la pituitaria, ya que esta tiene un papel crucial en el rápido desarrollo físico durante este periodo. Al igual que con las hormonas gonadales, este aumento de GH en la pubertad depende de la calidad del sueño.

Un tercer componente de la pubertad que está implicado en el incremento de la secreción de la hormona de la testosterona procedentes de las glándulas suprarrenales se llama dehidroepiandrosterona (DHEA), pero este proceso no ha llegado a comprenderse muy bien como los sistemas neuronales lo inician y regulan (Martín, Guillén, y Calvo, 2014).

Las principales hormonas que regulan los cambios corporales y la aparición de las características sexuales secundarias de la pubertad son la testosterona, el estradiol y la DHEA. Las diferencias sexuales físicas que surgen durante la pubertad son, en parte, atribuibles a las diferencias en los niveles hormonales (por ejemplo, los niveles altos de estradiol en las niñas y el aumento de testosterona en los niños), pero también se explican por las diferencias en la distribución y los tipos de receptores de las hormonas en tejidos concretos (Lee y Houk, 2007, Castro Feijoo, Cabanas, Barreriro, y Pombo, 2007).

Existen pocos estudios que analicen cómo estas hormonas influyen en el desarrollo del cerebro de los adolescentes (Herting, Gautam, Spielberg, Kan, Dahl, y Sowell, 2014) y en conductas específicas, o más concretamente en los cambios cognitivos y afectivos de la adolescencia. Existen varios grupos de investigadores que han comenzado a centrarse en el papel de las hormonas de la pubertad en los cambios neuroconductuales en la adolescencia (revisiones de Blakemore, Burnett y Dahl, 2010 y Forbes y Dahl, 2010). Como se discute en estas revisiones, abordar estas cuestiones requerirá de avances conceptuales y metodológicos. En este sentido los estudios realizados con animales donde examinan los cambios neuronales y conductuales asociados con aspectos específicos de la madurez puberal y los estudios clínicos que examinan los cambios neuronales en respuesta a los tratamientos hormonales (por ejemplo, la administración de estrógenos en niñas preadolescentes con síndrome de Turner (Ross,

Roeltgen, y Zinn, 2006), nos pueden proporcionar ideas adicionales que nos permitan comprender mejor este fenómeno.

Pero sin duda, el cambio más llamativo asociado a la adolescencia tiene que ver con la maduración física y sexual, que afectará a la forma en que los adolescentes se ven a sí mismos y a cómo son vistos y tratados por los demás. El proceso de transformación física se pone en marcha por una serie de mecanismos hormonales que desencadenan un proceso de cambio que presenta un patrón diferente para chicos y chicas. Estos mecanismos hormonales se inician a partir de la actividad del hipotálamo, que envía señales a la hipófisis o glándula pituitaria para que ésta comience a secretar importantes cantidades de hormonas gonadotróficas. Estas hormonas tienen como misión estimular el desarrollo de las gónadas sexuales (ovarios en la mujer y testículos en el hombre) que empezaran a producir hormonas sexuales y cuya presencia en la sangre aumenta en relación con los niveles que existían en años anteriores. Este alto nivel de hormonas sexuales, sobre todo la testosterona en los chicos y la progesterona y los estrógenos en las chicas, será el responsable de los cambios físicos que van a tener lugar. Aunque pueden existir otros factores implicados, el momento en que el hipotálamo pone en funcionamiento toda esta maquinaria endocrina parece estar determinado por el peso corporal o por la proporción de grasa en relación con el peso (Frisco y otros, 1981).

Cambios físicos de los adolescentes

En los chicos, la primera manifestación de los cambios es el aumento del tamaño de los testículos, seguido de un tímido surgimiento del vello púbico sin pigmentar, aumenta el tamaño del pene, y un primer cambio de voz. El vello facial y en las axilas empieza a aparecer uno o dos años después del púbico. El conocido estirón del crecimiento en estatura puede llegar a duplicarse en relación con la estatura prepuberal, suponiendo entre 5 y 10 centímetros en el año de mayor crecimiento, además también aumenta el grosor de los huesos y la masa muscular. Poco a poco comienza la producción de espermatozoides, y por lo tanto aparecerán las primeras eyaculaciones. Aumenta la grasa en el pelo y en el rostro, y será frecuente la aparición de acné, todo ello como consecuencia de la mayor secreción de andrógenos. El crecimiento del vello

corporal, se extiende a pecho, brazos y piernas, y el cuerpo del chico se va volviendo más delgado, anguloso y musculoso, acercándose en muchas características a las de un adulto.

En las chicas, el desarrollo mamario supone la primera manifestación visible de la pubertad, aunque el tamaño definitivo se tarda en adquirir una media de 4 o 5 años. También comienzan a redondearse las caderas, y a aparecer el primer vello púbico. Entre las chicas el estirón del crecimiento suele darse unos dos años antes que entre los chicos, lo que establecerá importantes diferencias importantes en este aspecto entre ambos sexos. Por lo general, ellas van por delante respecto al momento en el que ocurren los cambios fisiológicos, sin embargo esta diferencia es menos acusada en el desarrollo de la estatura, pudiendo ser de menos de un año. La pelvis se ensancha y aumenta la proporción de grasa corporal. Útero, vagina, labios y clítoris aumentan más adelante su tamaño, mientras que el vello crece deprisa y pigmentado, primero en el pubis y algo después en las axilas. La primera menstruación será uno de los últimos eventos en la secuencia de cambios puberales femeninos, ocurriendo en torno a los 12 años, y va a marcar el inicio de la madurez sexual de la chica.

Como se puede deducir de todo lo anterior, la pubertad es un proceso gradual de varios años de duración a lo largo del cual el cuerpo adolescente va a experimentar una serie de cambios significativos. No es de extrañar que estos cambios físicos tengan un importante impacto a nivel psicológico, y que el estatus puberal de un chico o una chica en un momento determinado, tienda a estar asociado a ciertos rasgos psicológicos. El aumento en la producción de hormonas sexuales asociado a la pubertad va a tener una repercusión importante sobre las áreas emocional y conductual. Por una parte, se ha observado una influencia de los cambios hormonales sobre el estado de ánimo y el humor del adolescente, aunque esta relación no es tan evidente como sugiere el estereotipo popular (Brooks-Gunn, Graber y Paikoff, 1994) y suele limitarse a la adolescencia temprana, que es cuando las fluctuaciones en los niveles hormonales parecen influir de forma más directa sobre la irritabilidad y agresión en los varones y sobre los estados depresivos en las chicas (Buchanan, Maccoby y Dornbusch, 1992; Steinberg y Silk, 2002), lo que sin duda afectará a las relaciones que establecen con sus padres. También es clara la relación entre el incremento en las hormonas sexuales y el surgimiento del deseo y la actividad

sexual (McClintock y Herdt, 1996; Boothroyd, Meins, Vukovic, y Burt, 2014), lo que puede llevar a tomar decisiones que impliquen un riesgo para su salud.

Cambios neuronales

A la vez que se van produciendo cambios hormonales, propios de la prepubertad y pubertad, se van produciendo cambios neurológicos importantes en el desarrollo del sistema nervioso central. El desarrollo cerebral es un proceso complejo que va orquestando cambios relacionados con los procesos cognitivos, emocionales y sociales que, a su vez, van a ir asociados a cambios comportamentales a lo largo de la infancia, adolescencia y la adultez. Un conocimiento minucioso del desarrollo estructural y funcional del cerebro es crucial para poder comprender los avances cognitivos, emocionales, sociales y conductuales que se producen en cada periodo, así como para establecer relaciones entre el desarrollo anatómico y funcional del cerebro sano y del cerebro que sufre alguna patología. Por ello es importante ocuparnos en describir los cambios que se han observado en el cerebro del adolescente, ya que nos puede arrojar pistas acerca del porqué de algunos de los comportamientos típicos de esta etapa. Pero veamos cómo surgen los primeros cambios en el desarrollo cerebral.

Desarrollo del cerebro en la adolescencia

La idea de que el cerebro continúa desarrollándose después de la infancia es relativamente nueva. En los últimos 15 años se han producido avances significativos en la comprensión del cerebro durante la adolescencia que nos muestran evidencias neuroconductuales, morfológicas, neuroquímicas y farmacológicas que sugieren que el cerebro adolescente está en construcción (Giedd, Blumenthal, Jeffries, 1999; Li y Xu, 2008; Wahlstrom, Collins, White, Luciana, 2010; Baird, Gruber y Fein, 1999; Peper, van den Heuvel, Mandl, Hulshoff, van Honk, 2011; Giedd, 2004; Steinberg, 2004 y 2005; Gardner y Steinberg, 2005; Spear, 2000).

Las recientes técnicas de neuroimagen anatómica nos ofrecen una oportunidad única para estudiar in vivo los patrones de maduración del cerebro (Sowell, Thompson, Tessner, y

Toga (2001). La técnica que más información está aportando en este terreno es la resonancia magnética (RM), debido a su elevada resolución espacial y a los constantes avances que está experimentando. Gracias a los estudios de neuroimagen ahora sabemos cuáles son los cambios morfológicos y funcionales más importantes que se producen en el cerebro durante la adolescencia, donde se manifiesta que la neurocircuitaria cerebral sigue siendo vulnerable, tanto estructural como funcionalmente, a los cambios significativos de las hormonas sexuales (estrógenos, progesterona y testosterona) durante la pubertad. Por ejemplo, ocurren cambios significativos en el sistema límbico que tienen un impacto directo en el autocontrol, la toma de decisiones, las emociones o la asunción de comportamientos de riesgos. El cerebro también experimenta un aumento de la síntesis de la mielina en el lóbulo frontal, que está implicado en los procesos cognitivos (Giedd, et., 1999).

La maduración del cerebro durante la adolescencia (10 a 24 años) está condicionada por múltiples factores como se ilustra en la fig 1.1. Observar estos factores nos puede dar una imagen del grado de vulnerabilidad y de fortalezas con que cuenta dicho proceso madurativo. Así Arain (2013), nos explica que el proceso de maduración del cerebro adolescente (10 a 24 años) podría estar influenciado tanto por aspectos heredables como ambientales, por condiciones prenatales y postnatales, por el estatus nutricional, por los patrones de sueño, por el uso de psicofármacos, e incluso por las intervenciones quirúrgicas durante la niñez temprana. Además el estatus físico, mental, económico y el estrés psicológico; el abuso de drogas (Cafeína, nicotina, y alcohol) y las hormonas sexuales incluyendo los estrógenos, la progesterona, y la testosterona podrían estar influyendo en el desarrollo de la maduración del cerebro adolescente.

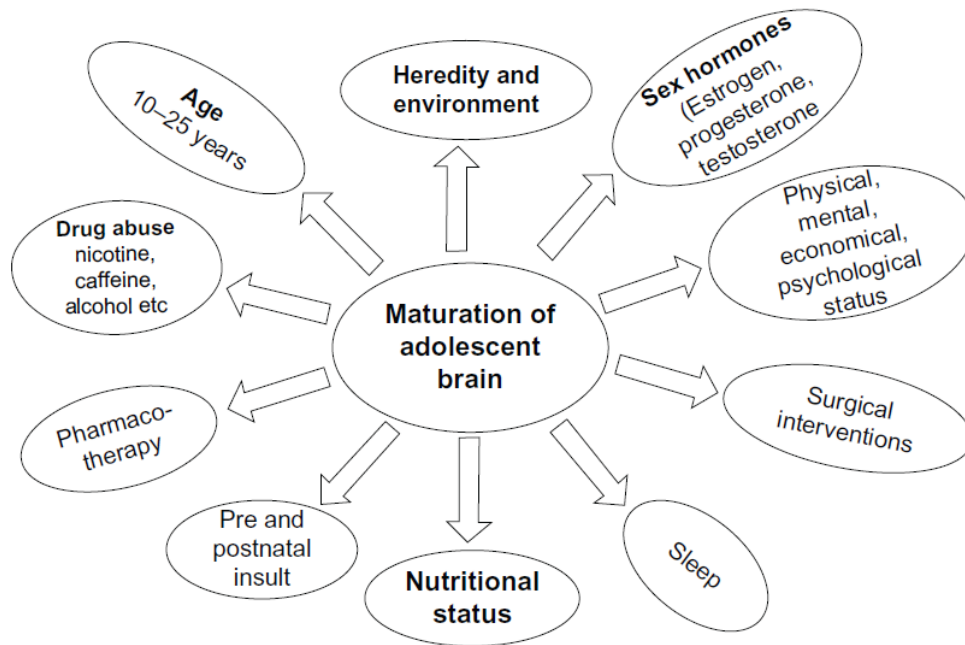


Figura 1.1. Factores que influyen en la maduración del cerebro adolescente (Arain, Haque, Johal, Mathur, Nel, Rais y Sharma, 2013).

A la vez que se van produciendo cambios hormonales, propios de la prepubertad y pubertad, se van produciendo cambios neurológicos morfo-fisiológicos importantes en el desarrollo del sistema nervioso central. El desarrollo cerebral es un proceso complejo que va orquestando cambios relacionados con los procesos cognitivos, emocionales y sociales que, a su vez, van a ir asociados a cambios comportamentales a lo largo de la infancia, adolescencia y la adultez. Un conocimiento minucioso del desarrollo estructural y funcional del cerebro es crucial para poder comprender los avances cognitivos, emocionales, sociales y conductuales que se producen en cada periodo, así como para establecer relaciones entre el desarrollo anatómico y funcional del cerebro sano y del cerebro que sufre alguna patología.

En el momento en el que las personas alcanzan la adolescencia, su cerebro se puede equiparar en tamaño, peso y surcos corticales al de los adultos (Armstrong et al., 1995; Caviness et al., 1996; Giedd et al., 1996), pero a pesar de estas similitudes, los adolescentes muestran cambios significativos en la morfología del cerebro que se están desarrollando a lo largo de la adolescencia (Giedd y Rapport, 2010). Los principales cambios de este periodo son la

disminución de la materia gris, el aumento en la materia blanca y alteraciones en el sistema de neurotransmisores que describiré a continuación:

Materia Blanca; Se produce un incremento en la mielina de la corteza frontal. La mielina es una sustancia lipoprotéica, también denominada sustancia blanca, que actúa como aislante y recubrimiento de la extremidad de la neurona conocida como axón. Su propiedad aislante le confiere a la neurona la capacidad de acelerar la conducción o impulso nervioso. También sirve como índice de la conectividad dentro del cerebro (véase a Baird y otros 2005) ya que las fibras mielinizadas conectan las regiones de sustancia gris y permiten su comunicación.

Materia gris; Al mismo tiempo se produce un proceso de “poda o recorte sináptico” de las uniones neuronales (sinapsis) en la corteza cerebral. En este sentido, la sustancia gris, que refleja la densidad neuronal y el número de conexiones neuronales, sigue un patrón de u invertida sobre el desarrollo, alcanzando un máximo en diferentes edades en función de la región. (Sowell, 2004; Gogtay, 2004; Giedd, 2004). Por ejemplo, dentro de la corteza, la reducción de la materia gris es más acentuada en la corteza prefrontal dorsolateral y en la unión temporoparietal, puesto que este recorte de la materia gris continúa hasta principios de la juventud (Giedd, 2004; Lenroot y Giedd, 2006).

Ambos procesos, mielinización y poda sináptica, dan lugar a una corteza más eficiente y más ampliamente conectada. La poda sináptica como eliminación selectiva de conexiones neuronales innecesarias (Giedd et al., 1999; Huttenlocher, 1990; Sowell, Thompson, Holmes, Jernigan, y Toga, 1999), puede acelerar la eficiencia del procesamiento de la información. Por otra parte, resulta evidente el valor adaptativo que tiene el hecho de que durante la adolescencia se produzca un recorte acusado de conexiones neuronales y que la plasticidad cerebral sea importante durante estos años. Esto implica un modelado casi definitivo del cerebro para adaptarlo a las circunstancias ambientales presentes en esta etapa, que pueden diferir de las de la infancia y ser más parecidas a aquellas que van a acompañar al sujeto a lo largo de la vida adulta (Spear, 2007b).

Cambios neuroquímicos – Dopamina

Además de los cambios indicados anteriormente, existen cambios neuroquímicos críticos en el cerebro que se producen durante la adolescencia con efectos significativos en la funcionalidad cerebral. Mientras que los cambios se producen en numerosos sistemas de neurotransmisión, algunos de los hallazgos más destacados en la literatura se refiere a los cambios en el sistema de la Dopamina (DA). A continuación haremos una revisión del destacado papel que juega la DA en la recompensa y el procesamiento cognitivo (Cools, 2008; Schultz, 2007; Wise, 2004).

Las evidencias convergen tanto en humanos como en animales, indicando que la neurotransmisión de la dopamina en los sistemas corticales y estriado muestran varios cambios importantes a lo largo del desarrollo (Chambers y Potenza, 2003; Doremus-Fitzwater et al., 2010; Ernst et al., 2009; Galvan, 2010; Spear, 2000, 2010; Wahlstrom et al., 2010). En términos generales, los niveles de dopamina y la actividad neuronal asociada a la DA son elevados durante la adolescencia en comparación con la edad adulta, aunque existen diferencias entre las especies y diferentes partes del cerebro (Spear, 2010). En primates, la densidad de los receptores D1 y D2 tanto en el estriado como cortical se muestran más elevados durante la adolescencia que en la adultez (Seeman et al., 1987). En roedores, los receptores D1 y D2 corticales aumentaban la densidad de la niñez a la edad adulta, pero la densidad de las subcorticales alcanzaba un pico en la adolescencia media (Teicher et al., 1995; ver Wahlstrom et al., 2010 para revisión). También hay evidencias en roedores adolescentes se muestra un pico en la síntesis de la dopamina cortical y la disponibilidad de la sináptica subcortical (e.g., Andersen et al., 1997; Wahlstrom et al., 2010). Por otra parte, la densidad de transporte de dopamina (DAT), cuya función es eliminar la DA de la sinapsis, se eleva relativamente más durante la adolescencia que durante la adultez en seres humanos (Meng et al., 1999). Curiosamente la inervación dopaminérgica de la corteza prefrontal desde el estriado hasta áreas del cerebro medio también muestran un pico durante la adolescencia en primates (Benes et al., 2000; Lambe et al., 2000; Rosenberg y Lewis, 1994, 1995).

Así que si tenemos en cuenta ambos, el incremento general de los niveles de dopamina en el cuerpo estriado durante la adolescencia, y el aumento de la inervación dopaminérgica de PFC

nos está indicando que los adolescentes generalmente pueden ser más sensibles a las recompensas que los niños y los adultos, y en consecuencia, estas recompensas podrían ser un sesgo importante a la hora de tomar decisiones durante este periodo evolutivo.

Por otra parte, como hemos señalado anteriormente, el aumento de la densidad del transportador de dopamina (DAT) podría afectar a la capacidad del adolescente para mantener la motivación relacionada con la demora de la recompensa, lo que facilita una mayor influencia en la inmediatez, las recompensas a corto plazo, lo que podría contribuir a un comportamiento impulsivo (Geier y Luna, 2009). Aunque esta noción sigue siendo especulativa, la eliminación temprana de la dopamina desde la sinapsis se ha sugerido que está vinculado con el Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) y puede estar contribuyendo en la reducción de la capacidad para mantener la motivación ante una recompensa demorada (Castellanos y Tannock, 2002; Krain y Castellanos, 2006). Esta demora puede ser relevante en la toma de decisiones de los adolescentes cuando una de las opciones se asocia con una recompensa inmediata. Por ejemplo ver lo mucho que disfruta un amigo mientras fuma marihuana frente a una recompensa a largo plazo más abstracta (no arriesgarse para evitar meterse en problemas).

Cambios en función de las áreas cerebrales

Si ahondamos en las trayectorias evolutivas de las áreas cerebrales nos encontramos que existe una gran heterogeneidad, de forma que cada una de ellas muestra un patrón diferenciado que pasamos a desglosar a continuación:

Corteza prefrontal: Hasta hace bien poco se pensaba que los cambios arriba descritos tenían lugar durante la primera década de la vida, de forma que la arquitectura cerebral estaba definida al llegar la pubertad. Sin embargo, hoy día en numerosos trabajos científicos se indica que si bien esto es cierto para muchas zonas cerebrales, otras continúan desarrollándose durante la adolescencia. Los primeros estudios llevados a cabo con cerebros postmortem indicaron que la corteza prefrontal experimentaba cambios importantes tras la pubertad, ya que existían importantes diferencias en esta zona entre los cerebros de niños, adolescentes y personas adultas

(Huttenlocher, 1979). Más recientemente, la utilización de técnicas de resonancia magnética ha apoyado los resultados de los estudios postmortem, indicando un desarrollo o maduración tardía de algunas zonas cerebrales, fundamentalmente de la corteza prefrontal, que no culmina hasta la adultez temprana (Giedd *et al.*, 1999). Estos estudios encuentran que en la zona prefrontal la sustancia gris aumenta hasta los 11 años en las chicas y los 12 en los chicos para disminuir después, lo que sin duda está reflejando el establecimiento de nuevas sinapsis en esa zona en la etapa inmediatamente anterior a la pubertad y su posterior recorte, en una secuencia que va desde la corteza occipital hasta la frontal (Gogtay *et al.*, 2004) y que afecta principalmente a conexiones de tipo excitatorio (Spear, 2007b). Junto a este proceso de poda, el aumento lineal de la sustancia blanca a lo largo de la adolescencia indica la mielinización progresiva de las conexiones neuronales, tanto en la corteza frontal como en las vías que la unen a otras zonas cerebrales. Todos estos cambios en el córtex prefrontal conllevan una activación menos difusa y más eficiente en esta zona durante la realización de tareas cognitivas (Durston *et al.*, 2006). Por lo tanto, las zonas cerebrales más modernas desde el punto de vista filogenético, como la corteza prefrontal, son también las últimas en completar su desarrollo ontogenético, que no concluye hasta la tercera década de la vida. En cambio, aquellas que soportan funciones más básicas, como las motoras o sensoriales, maduran en los primeros años de la infancia (Gogtay *et al.*, 2004).

Si tenemos en cuenta el importante papel que la corteza prefrontal tiene como soporte de la función ejecutiva y de la autorregulación de la conducta (Spear, 2000; Rubia, 2004; Weinberger, Elvevag y Giedd, 2005), es razonable pensar en una relación causal entre estos procesos de desarrollo cerebral y muchos de los comportamientos propios de la adolescencia, como son las conductas de asunción de riesgos y de búsqueda de sensaciones (Oliva, 2007).

Otras áreas cerebrales que están en proceso de maduración; En la literatura neuroevolutiva existen conclusiones consistentes de cambios estructurales y de conectividad en otras áreas cerebrales, como por ejemplo los ganglios basales. Sowell *et al.* (1999) encontró que había una reducción de la materia gris en los ganglios basales, mientras que otros investigadores han reportado un aumento de la materia blanca de las fibras responsables de la comunicación entre el tálamo, los ganglios basales y la corteza cerebral a medida que pasan los años (Schmithorst, *et al.*, 2002). Y la maduración estructural y funcional del circuito fronto estriado se

ha relacionado directamente con mejoras en la ejecución de la tarea de Stroop (Blumberg, et al., 2003) y el control inhibitorio (Durstun, et al., 2002).

Por otro lado, hay evidencias de trayectorias diferenciadas en el desarrollo de las regiones subcorticales. Por ejemplo, regiones como el caudado y el putamen disminuyen linealmente el volumen de materia gris, mientras que otras áreas subcorticales (tales como la amígdala y el hipocampo) muestran un aumento del volumen de materia gris en el inicio de la pubertad, para posteriormente estabilizarse el crecimiento en la adolescencia y la adultez (Ostby, 2009). Estas dinámicas de desarrollo estructural del cerebro se han resumido muy bien en muchos artículos (véase Lenroot y Giedd 2006 o Brain Development Cooperative Group, 2012).

Además del frontal y los ganglios basales, la corteza cerebral parietal también experimenta una gran cantidad de cambios evolutivos durante la adolescencia. Estos cambios son similares a los que se han descrito arriba, donde se ha observado una reducción significativa de la materia gris en áreas parietales durante la adolescencia (Giedd, et al., 1999; Sowell et al. 1999). Además estos cambios en la corteza parietal están íntimamente relacionados a las reducciones observadas en la corteza frontal (Sowell, et al., 2003).

Cabe añadir que tanto a través de estudios de resonancia magnética (RM) (Olesen et al., 2004) como con estudios de electroencefalografía (EEG) (Thatcher, 1994), se ha evidenciado una mejora progresiva durante la adolescencia de la sustancia blanca que recorre la conexión entre las áreas frontales y parietales. Finalmente, se ha encontrado que la madurez de la conectividad fronto-parietal está altamente correlacionada con la mejora en la memoria de trabajo (Olesen et al., 2004).

Además de la memoria de trabajo, el refinamiento observado en la corteza cerebral parietal también tiene mucha probabilidad de contribuir a las mejoras en la imaginaria mental, así como también las representaciones del cuerpo de uno mismo en el espacio. Por lo tanto, es concebible que uno de los papeles que juega la corteza parietal madura sea dejar a un individuo “intentar” una experiencia particular (p.e. se visualiza a si mismo involucrándose en una actividad imaginada). En el caso del razonamiento contrafactual, es plausible que el “Si hubiera”

sea generado por los ganglios basales que envía la información a la corteza prefrontal para que realice una aprobación lógica, y después de la aprobación inicial se remite a la corteza parietal para “ver lo que podría haber sido”, y así poder comprobar la viabilidad del comportamiento para el individuo. Por ejemplo, esto se ha convertido en una práctica común para individuos que usan la imaginación mental para mejorar su swing de golf, siendo un método de entrenamiento que recientemente ha evidenciado que produce actividad en la corteza cerebral prefrontal y parietal (Ross et al., 2003).

Junto a la maduración del lóbulo prefrontal hay que resaltar otro fenómeno al que se ha prestado menos atención pero que reviste también una gran importancia, se trata de la progresiva mejora en la conexión entre este lóbulo, concretamente la corteza orbito-frontal, y algunas estructuras límbicas como la amígdala, el hipocampo y el núcleo caudado. Aunque la arquitectura neuronal de estas estructuras límbicas está bastante avanzada en la infancia temprana, no puede decirse lo mismo de su conexión con el área prefrontal, que irá madurando a lo largo de la segunda etapa de la vida, y supondrá un importante avance en el control cognitivo e inhibición de las emociones y la conducta (Goldberg, 2001). Esto va a implicar que muchas de las respuestas emocionales automáticas, dependientes de estas regiones, pasarán a estar más controladas por la corteza prefrontal, lo que contribuirá a una disminución de la impulsividad propia de la adolescencia temprana (Weinberger, *et al.*, 2005). Además, es importante señalar que en la medida en que se vaya produciendo esta integración entre diferentes estructuras cerebrales, las respuestas del adolescente ante distintas situaciones o estímulos estarán basadas en el trabajo conjunto de diversas áreas. Si a principios de la adolescencia la autorregulación conductual dependía de forma exclusiva de un inmaduro córtex prefrontal, a finales de esta etapa, y en la adultez, la responsabilidad del control estará repartida entre varias áreas cerebrales, lo que la hace más eficaz (Luna *et al.*, 2001).

Durante la adolescencia, la desconexión entre estas áreas cerebrales se manifiesta en respuestas más disociadas. Así, en bastantes ocasiones en que sería conveniente una respuesta racional, chicos y chicas pueden actuar de forma muy impulsiva y emocional, siguiendo los dictados de las estructuras subcorticales y con una escasa intervención de la corteza prefrontal (Eshel, Nelson, Blair, Pine y Ernst, 2007). Sin embargo, en situaciones de mucho riesgo en que

una respuesta visceral inmediata de evitación o huida sería más eficaz, se demoran prolongadamente en razonamientos prolijos que impiden una rápida actuación. Al menos eso puede deducirse de los tiempos de reacción más prolongados y de la mayor activación prefrontal que exhiben los adolescentes, en comparación con los más cortos de los adultos, ante dilemas que presentan situaciones de mucho peligro, como nadar entre tiburones (Baird y Fugelsang, 2004).

Conclusión

Después de enumerar estos cambios, no será difícil comprender por qué las perturbaciones propias del desarrollo del cerebro adolescente dejan una huella distintiva en el comportamiento del adulto. La adolescencia marca la entrada a un periodo de cambios neurobiológicos sustanciales, con efectos significativos en la cognición, en el desarrollo social y en el desarrollo emocional. Más específicamente se ha propuesto que la adolescencia involucra un cambio en la dirección del control del comportamiento.

Cualquier estímulo, lo suficientemente fuerte como para evocar una respuesta, reforzará o aumentará el número de conexiones sinápticas, las cuales posiblemente perdurarán por toda la vida. Actualmente se reconoce a la adolescencia humana como un gran periodo dinámico del desarrollo neuronal donde los circuitos del comportamiento se remodelan y se redefinen. Varios estudios han señalado lo impredecible del desempeño cognitivo del adolescente una vez transite este periodo.

La secreción de hormonas sexuales en la pubertad coincide con el período de la adolescencia, el cual ocurre entre los 12 y los 20 años de edad, en los seres humanos. Las hormonas de la pubertad actúan no sólo sobre el tejido periférico causando la aparición de las características sexuales secundarias, que son las señales obvias de la pubertad, sino que además actúan centralmente influyendo en la remodelación del cerebro adolescente y en la maduración del comportamiento.

Aún más, las modificaciones fisiológicas y neurológicas que surgen como consecuencia de las hormonas de la pubertad impulsan cambios significativos en la experiencia individual, las cuales por sí mismas pueden alterar profundamente el desarrollo del cerebro.

Durante este periodo el adolescente comienza a reconocer al otro, a entender las emociones, las intenciones y las creencias de los demás. En especial identifica aquellos que son sus iguales. Algunos estudios sugieren que la adolescencia se caracteriza por estos cambios de fuerte contenido social, incluyendo un alto grado de autoconsciencia, un aumento en la importancia y complejidad en las relaciones entre iguales, al igual que una mejora en el entendimiento de otros.

Hasta ahora hemos descrito los cambios puberales y neuronales asociados a la adolescencia, pero también debemos mencionar una serie de cambios en otros planos como son los cambios cognitivos, los cambios sociales o los cambios en la personalidad vinculados a la adolescencia.

Cambios cognitivos: el surgimiento de nuevas formas de pensar

También a nivel cognitivo se va a producir un cambio cualitativo fundamental, ya que en el periodo comprendido entre los 12 y los 15 años comienza a aparecer el *pensamiento operatorio formal*, como consecuencia de la maduración biológica y de las experiencias, sobre todo en el ámbito escolar (Inhelder y Piaget, 1955; 1972). Esta nueva herramienta cognitiva va a afectar a la manera en que los adolescentes piensan sobre ellos mismos y sobre los demás. Así, el pensamiento formal trae consigo el desarrollo de la capacidad de diferenciar lo real de lo hipotético o posible lo que va a permitir al chico o a la chica concebir alternativas al funcionamiento habitual de su red cercana. Esto hará que el adolescente se vuelva mucho más crítico con las normas que hasta ese momento había aceptado sin cuestionar, y comience a desafiar continuamente la forma en que la familia funciona cuando se trata de discutir asuntos y tomar decisiones, lo que aumentará los conflictos y discusiones cotidianas (Smetana, 1989). Igualmente serán capaces de presentar argumentos mucho más sólidos y convincentes en sus

discusiones familiares (Correa, Rodríguez, Batista, Padrón, Ceballos, 2009), algo que cuestionará seriamente la autoridad parental, y llevará en numerosas ocasiones a que sus padres se irriten y pierdan el control de sí mismos. También resulta evidente la desidealización de los padres que se produce en estos años. Si hasta este momento sus progenitores eran todopoderosos y omnisapientes, ahora el adolescente comienza a cambiar esa imagen por una más realista en la que sus padres aparecen con sus virtudes y sus defectos.

Cambios en la personalidad: el camino hacia la identidad personal

Otro de los aspectos más destacados del desarrollo adolescente es el que hace referencia a la construcción de la propia identidad personal, ya que probablemente, uno de los rasgos más importantes de la adolescencia es el proceso de exploración y búsqueda sobre sí mismo. Este proceso va a culminar con el compromiso de chicos y chicas con una serie de valores ideológicos y sociales, y con un proyecto de futuro, que definirán su identidad personal y profesional. Esta necesaria exploración y búsqueda de nuevas sensaciones y experiencias va a ir asociada con un incremento en algunos comportamientos de riesgo –consumo de drogas, deportes de riesgos-, haciendo más probable su implicación en ellos (Loman, Johnson, Quevedo, Lafavor, y Gunnar, 2014; Collado, Felton, Macpherson, y Lejuez, 2014). La participación de los jóvenes en estas conductas puede aumentar la conflictividad familiar, ya que en muchas ocasiones los padres se volverán más restrictivos, ante el miedo de que sus hijos e hijas se impliquen en situaciones peligrosas o de riesgo, justo en un momento en el que los adolescentes necesitan mayor libertad para experimentar y vivir nuevas experiencias.

Cambios sociales: acercamiento al grupo de iguales

Finalmente, se debe señalar que a partir de la pubertad, chicos y chicas empiezan a pasar cada vez más tiempo con el grupo de iguales, que pasará a ser un contexto de socialización fundamental (Larson y Richards, 1994; Larson, Richards, Moneta, Holmbeck, y Duckett, 1996; Burhmester, 1996). Los iguales se convertirán en confidentes emocionales, consejeros, y modelos comportamentales a imitar (Sussman, Dent, McAdams, Stacy, Burton, y Flay 1994),

pero también ejercerán presión a la hora de asumir conductas de riesgo (Gardner y Steinberg, 2005). Es probable que, por ello, los padres comiencen a sentirse apartados de la vida de sus hijos y no estén de acuerdo con los modelos que les ofrecen sus compañeros. Además, la socialización en el grupo de iguales va a permitir al adolescente una mayor experiencia en relaciones simétricas o igualitarias, con tomas de decisiones compartidas que pueden llevarles a desear un tipo de relaciones semejantes en su familia. Sin embargo, estas aspiraciones a disponer de una mayor capacidad de influencia en la toma de decisiones familiares no siempre coinciden con las de sus padres, y la situación más frecuente es la de unos chicos y chicas que desean más independencia de la que sus padres están dispuestos a concederles (Collins, 1997; Smetana, 1995). Los padres suelen pretender seguir manteniendo su autoridad y la forma de relacionarse con sus hijos, incluso en algunos casos pueden aumentar las restricciones, lo que va a llevar a la aparición de conflictos. Una vez pasado este primer momento los padres suelen flexibilizar su postura, y los hijos irán ganando poder y capacidad de influencia, lo que explicaría la disminución de problemas en la adolescencia media y tardía (Laursen, Coy y Collins, 1998). Cuando los padres se muestran poco sensibles a las nuevas necesidades de sus hijos adolescentes y no adaptan sus estilos disciplinarios a esta nueva situación, es muy probable que aparezcan problemas de adaptación en el chico o chica (Rodrigo, García, Máiquez, y Triana, 2005; Rodrigo, Maiquez, Padrón, y García, 2009)

Aunque muchos chicos y chicas atraviesan la adolescencia sin grandes dificultades, puede afirmarse que durante estos años aumentan los problemas en tres áreas; los conflictos con los padres (Laursen, Coy y Collins, 1998; Parra y Oliva, 2007), la inestabilidad emocional (Larson y Richards, 1994) y, sobre todo, las conductas de riesgo (Arnett, 1999).

En este sentido, los cambios hormonales de la pubertad han adquirido un papel protagonista en los modelos de la adolescencia que adoptan un enfoque de periodo conflictivo y como elemento explicativo del surgimiento de los problemas anteriores. Sin embargo, algunos estudios actuales han cuestionado esta influencia, ya que han encontrado efectos directos muy pequeños entre los andrógenos y estrógenos sobre la conducta adolescente (Graber y Books-Gunn, 1996; Spear, 2007a). Por otro lado, no podemos olvidar el papel importante que desempeñan los factores socio-culturales (Oliva, 2003). Pero no solo están presentes las

hormonas y los factores sociales para explicar la conducta del adolescente, en los últimos años se ha intentado encontrar la respuesta a esta cuestión a través del estudio de la actividad cerebral (Giedd et al., 1999). En los siguientes capítulos expondremos los principales cambios neuronales y su influencia sobre el surgimiento y mantenimiento en el proceso decisional y la asunción de riesgos durante la adolescencia.

1.2. ASUNCION DE RIESGOS DURANTE LA ADOLESCENCIA: UN ENFOQUE CONDUCTUAL

Existen una serie de conductas de riesgo que pueden ser ejecutadas a lo largo de la vida que a menudo tienen su raíz en la adolescencia. Conductas como fumar, consumir drogas, beber alcohol o llevara a cabo una conducción temaría, son ejemplos de acciones no saludables que forman parte de nuestra realidad.

La literatura científica confirma la creencia de que la adolescencia es un período de asunción de riesgos excesiva. Los resultados de la encuesta YRBS (Youth Risk Behavior Survey, 2013) indicaron que muchos estudiantes de secundaria participan en comportamientos de riesgo para la salud que están asociados con las principales causas de muerte entre las personas de 10-24 años en los Estados Unidos. Por ejemplo, un 41,4 % de los jóvenes había enviado un mensaje de texto o correo electrónico mientras conducía, el 34,9 % había consumido alcohol y el 23,4 % había consumido marihuana. O como en los 12 meses previos a la encuesta un 14,8 % había sido intimidado por vía electrónica, el 19,6 % había sido intimidado en la escuela, y el 8 % había intentado suicidarse.

También se muestra que muchos estudiantes de secundaria realizan comportamientos sexuales de riesgo que contribuyen a los embarazos no deseados y enfermedades de transmisión sexual, incluida la infección por VIH. Casi la mitad (46,8%) de los estudiantes habían tenido relaciones sexuales antes de los 15 años, el 34,0% había tenido relaciones sexuales durante los 3 meses anteriores a la encuesta (es decir, sexualmente activas), y el 15,0% habían tenido

relaciones sexuales con cuatro o más personas durante su vida. Entre los estudiantes sexualmente activos, el 59,1% había utilizado preservativo durante su última relación sexual.

Muchos estudiantes también participan en comportamientos asociados con enfermedades crónicas, como son las enfermedades cardiovasculares, cáncer y diabetes. Por ejemplo, durante los 30 días anteriores a la encuesta, 15,7% de los estudiantes de secundaria había fumado cigarrillos. Durante los 7 días previos a la encuesta, el 5 % de los estudiantes de secundaria no había comido frutas o jugos 100% y el 6,6% no habían comido verduras. Más de un tercio (41,3%) había estado 3 o más horas diarias jugando con videojuegos o juegos de ordenador.

Datos de las conductas de riesgo con muestra española.

Si hacemos una revisión de los datos de las conductas de riesgo que encontramos en España (Health Behaviour in School Aged Children (HBSC, 2010) llevado a cabo por Moreno, C., Ramos, P., Rivera, F., Jimenez Iglesias, A., Garcia Moya, I. (2012), nos encontraremos con los siguientes datos;

Actividad física y conductas sedentarias

El 21% de los adolescentes realiza actividad física 7 días a la semana. Esta frecuencia de actividad física es mayor en los chicos que en las chicas y en los adolescentes de menor edad con respecto a los de mayor edad. Además, los adolescentes de familias con capacidad adquisitiva alta realizan más frecuentemente actividad física 7 días a la semana que los adolescentes de familias con capacidad adquisitiva media y baja. Las diferencias en función de la titularidad del centro educativo son menores e indican una frecuencia de actividad física 7 días a la semana algo más alta en los adolescentes que estudian en centros educativos públicos.

Las horas diarias dedicadas a ver la televisión (incluyendo vídeos y DVDs), tanto en días entre semana como en fin de semana, son mayores en los chicos que en las chicas y en los adolescentes de familias de capacidad adquisitiva baja que en los de media o alta.

Además, las horas diarias de ver la televisión de lunes a viernes aumentan de los 11-12 años a los 15-16 años y disminuyen a los 17-18 años; mientras que las horas diarias de ver la televisión los fines de semana aumentan de los 11-12 a los 13-14 años, permanecen estables a los 15-16 años y disminuyen a los 17-18 años. Las tendencias en función del sexo y la edad de los adolescentes difieren según si las horas diarias dedicadas a ver la televisión son entre semana o en fin de semana.

Consumo de sustancias

El consumo de tabaco diario se da en un 8,9% de los adolescentes. Este consumo es similar en los chicos y en las chicas de 11-12 años y 13-14 años. Sin embargo, las chicas de 15-16 años muestran un consumo de tabaco ligeramente mayor que los chicos, aunque a los 17-18 años el consumo diario de tabaco de nuevo es igual en ambos y adquiere el nivel más alto de consumo en los adolescentes. Además, los adolescentes de familias con nivel adquisitivo alto presentan menor frecuencia de consumo diario de tabaco.

En general, un 13,9% de los adolescentes consume alcohol semanalmente. Este consumo es más frecuente en los chicos que en las chicas, especialmente son destacadas las diferencias en el grupo de edad 17-18 años, así como en los adolescentes de mayor edad con respecto a los más jóvenes.

La ocurrencia de un episodio de embriaguez es más frecuente en los grupos de más edad, en los chicos en todos los grupos de edad (excepto a los 15-16 años, edad en la que es más frecuente en las chicas) y en los adolescentes de familias de capacidad adquisitiva baja. La edad media del primer episodio de embriaguez, considerando a los adolescentes de 15 años, es de 13,82 años en las chicas (desviación típica de 1,23) y 13,84 años en los chicos (desviación típica de 1,1).

En general, el 71% de los adolescentes no ha consumido cannabis en los últimos 12 meses. Los chicos suelen consumir más frecuentemente cannabis que las chicas, así como los

adolescentes de 17-18 años respecto a los de 15-16 años. Además, los adolescentes de familias con capacidad adquisitiva media y alta consumen más cannabis que los adolescentes de familias con capacidad adquisitiva baja.

El consumo de otras drogas ilegales diferentes al cannabis alguna vez en la vida se da en un 1,3% de los adolescentes. Este consumo es mayor en los chicos que en las chicas y en ambos, chicos y chicas, este consumo es algo más alto a los 15-16 años que a los 17-18 años.

Conducta sexual

En general, el 34,6% de los adolescentes han mantenido relaciones sexuales coitales, estas relaciones son algo más frecuentes en chicos que en chicas y, en ambos, es más posible que se den a los 17-18 años que a los 15-16 años. Además, el porcentaje de adolescentes que manifiesta haber mantenido relaciones sexuales coitales es más alto en los adolescentes de familias con capacidad adquisitiva baja (en comparación con los de media y alta) y en los adolescentes que asisten a centros educativos públicos (con respecto a los de centros privados).

El uso del preservativo en la última relación sexual coital se da en un 74,4% de los adolescentes que han mantenido relaciones sexuales coitales. Además, el uso del preservativo sucede más en las chicas de 15-16 años y en los chicos de 17-18 años, así como en los adolescentes con capacidad adquisitiva familiar alta y media (comparados con los de capacidad adquisitiva baja) y en los adolescentes que estudian en centros educativos públicos (comparados con los de centros privados).

El uso de la píldora como método anticonceptivo en la última relación sexual coital es mayor en las chicas y en los adolescentes de 17-18 años, y ambos, chicos y chicas, son más similares en el uso de la píldora a los 15-16 años. Además, se dan ligeras diferencias en el uso de la píldora como método anticonceptivo en relación con la capacidad adquisitiva familiar, este uso es algo mayor entre los adolescentes de capacidad adquisitiva baja, y la titularidad del centro educativo, algo más alto en los adolescentes de centros educativos privados.

El empleo de la “marcha atrás” en la última relación sexual coital es bastante similar entre los chicos y las chicas y en los dos grupos de edad examinados (15-16 años y 17-18 años). No obstante, en las chicas no se dan diferencias en los distintos grupos de edad, mientras que los chicos emplean más esta práctica a los 17-18 años que a los 15-16 años.

El promedio de parejas sexuales entre los adolescentes que han mantenido relaciones sexuales coitales es más alto en los chicos que en las chicas, y en los adolescentes de 17-18 años que en los de 15-16 años. Además, los adolescentes de familias con capacidad adquisitiva baja y los adolescentes de centros privados indican haber mantenido relaciones sexuales coitales con un número medio de parejas más alto.

Los chicos informan más frecuentemente haber dejado alguna vez embarazada a una chica que las chicas de haber estado embarazadas. Además, el porcentaje de chicas que indica haber estado embarazadas al menos una vez es menor a los 15-16 años que a los 17-18 años, mientras que el porcentaje de chicos que manifiesta haber dejado a alguien embarazada al menos una vez es mayor a los 15-16 años que a los 17-18 años. También, el haber estado embarazada o el haber dejado a alguien embarazada es más posible en los adolescentes de familias con capacidad adquisitiva baja y media (frente a los de alta) y en los adolescentes de centros educativos públicos (frente a los de centros privados).

El 26,9% de las chicas que han tenido relaciones sexuales coitales afirma haber tomado la píldora del día después. Además, el porcentaje de chicas que las han tomado solo una vez suele ser similar tanto en las de 15-16 como en las de 17-18 años, mientras que el porcentaje de chicas que han tomado la píldora dos veces es más alto entre las de 17-18 años. Por último, las chicas que pertenecen a familias de poder adquisitivo medio o bajo (frente a las chicas de familias de capacidad adquisitiva alta) suelen informar más frecuentemente de haber tomado la píldora del día después al menos una vez en sus vidas.

Lesiones

El porcentaje de adolescentes que ha sufrido al menos una vez lesiones que han requerido asistencia médica en el último año es mayor en los chicos que en las chicas y, tanto en uno como en otra, dicho porcentaje es más alto en los adolescentes de 13-14 años. Además, el porcentaje de adolescentes que ha tenido al menos una lesión aumenta conforme lo hace la capacidad adquisitiva familiar, también es algo más alto en los adolescentes que asisten a centros educativos públicos que en los de centros privados

¿Por qué es importante estudiar la asunción de comportamientos de riesgo?

En este sentido la asunción de riesgos durante la adolescencia tiene una serie de implicaciones económicas, psicológicas y en la salud (Maynard, 1997), que repercuten en un peaje elevado que no puede entenderse solo en términos de costes médicos y daño material, sino que también se puede observar en parámetros menos medibles como pobreza humana y potencial perdido.

Además de las consecuencias inmediatas por ejecutar comportamientos de riesgo en la adolescencia, debemos destacar la capacidad predictiva que tienen respecto al desarrollo de fuertes problemas de salud en la edad adulta (U.S. Department of Health and Human Services, 2014). Muchos de los comportamientos que comenzaron como una conducta exploratoria y voluntaria, se han perpetuado como conductas adictivas durante la adultez (Slovic, 2000, 2001). Por ejemplo, la mayoría de los adolescentes bebedores no desarrollan un alcoholismo profundo posteriormente, sin embargo todos los alcohólicos durante la adultez reportan que comenzaron a beber durante la adolescencia (Bonnie y O'Connell, 2004; Chambers, Taylor, y Potenza, 2003; Vaillant, 2003; Au, Ho, Wang, Lo, Tin., Huang, y Lam, 2014).

Es por ello, que resulta muy importante adoptar medidas preventivas que ayuden a evitar el desarrollo de conductas adictivas, ya que una prevención bien enfocada es mucho más acertada y menos costosa que aplicar el tratamiento de una adicción consolidada. Por ejemplo, demorar el inicio del consumo de alcohol y reducir la cantidad consumida, disminuye el riesgo

de desarrollar el alcoholismo, ya que la demora y reducción permiten la maduración de las estructuras cerebrales implicadas en el juicio y la inhibición de la asunción de comportamientos de riesgo.

Modelos psicosociales de la percepción y asunción de riesgos

Cuando revisamos la literatura científica en relación con la percepción y asunción de riesgo, observamos que existen varios modelos que se desarrollan en el marco psicosocial cognitivo. Entre los más destacados habría que mencionar el Modelo de Creencias de Salud (Hochbaum, 1958; Rosenstock, 1974), la Teoría de la Acción Razonada (Ajzen y Fishbein, 1980; Fishbein, 1967, 1980; Fishbein y Ajzen, 1972, 1975, 2009, 2010), la Teoría de la Conducta Planeada (Ajzen, 1985, 1989, 1991, 2001, 2006, 2008), y la Teoría de la Motivación Protectora (Harris, 1996; Harris y Middleton, 1994; Prentice-Dunn y Rogers, 1986; Rogers, 1975, 1983, 1985).

Modelo de creencias de salud

A partir de las formulaciones de Rosenstock (1974) el Modelo de Creencias de Salud (MCS) se consolidó como uno de los más potentes y utilizados para estudiar la conducta de salud a partir de la predicción del comportamiento. El modelo se fundamenta en la explicación y predicción de los comportamientos saludables que se generan en función de una serie de creencias que las personas elaboran a partir de acontecimientos relacionados con la salud. Se centra en la decisión bajo incertidumbre, persiguiendo la evitación o decremento de las conductas de riesgo de salud, intentando aumentar al máximo los comportamientos de protección. Para ello tendrán que interactuar diferentes elementos que conseguirán que una persona persiga un comportamiento saludable o uno de riesgo, según la cantidad de motivación por mantenerse sano y cómo perciba algunas creencias (Medina y León, 2004; Valencia, Londoño, Amézquita, Cortés, Guerra, Hurtado y Ordoñez, 2009):

- La susceptibilidad o vulnerabilidad con que el sujeto percibe la probabilidad de enfermar.
- La gravedad percibida de las posibles consecuencias en caso de enfermar, es decir, si el proceso de enfermedad será lo suficientemente importante como para repercutir en su vida.
- Los beneficios y costes percibidos en función de que pueda reducir los riesgos de salud adoptando conductas saludables y que las barreras psicológicas, físicas, sociales, etc., sean minimizadas.

La teoría de la acción razonada y la conducta planeada

Desde los planteamientos más clásicos de la teoría de las actitudes, el concepto de actitud se ha enmarcado en el ámbito social dado que surge de la interrelación entre el sujeto y su entorno. A partir de la década de los sesenta del pasado siglo aparecen los denominados modelos de componente único afirmando que solamente existe un componente en la actitud, el que se determina como evaluativo.

Desde esta orientación las teorías de la Acción Razonada y la Conducta Planeada, tuvieron como planteamiento primario intentar dar una explicación empírica al comportamiento social, y posteriormente se derivaron al estudio de la conducta de salud, siendo uno de los objetos de estudio la prevención del consumo de tabaco y alcohol (Medina y León, 2004).

La Teoría de la Acción razonada persigue la predicción del comportamiento a través de la norma subjetiva y las actitudes, medidas mediante la intención. Siguiendo este esquema podríamos configurar la percepción de riesgo incluyendo los elementos de la teoría donde el desarrollo subjetivo estaría mediado por la evaluación de las consecuencias del riesgo, las actitudes dirigidas hacia el riesgo, la percepción de riesgo de los demás y la norma subjetiva (García del Castillo, 2012).

La teoría de la motivación protectora

La Teoría de la Motivación Protectora de Rogers (1975, 1983, 1985) y Harris y Middleton (1994) parte de la premisa básica de que el miedo a las consecuencias mediatiza el comportamiento final de las personas, motivándolas a buscar medidas de protección. Según Medina y León (2004), la teoría afirma que podemos aumentar significativamente la intención de mantener una conducta saludable si conseguimos infundir el suficiente miedo en el sujeto, siempre y cuando le demos también salidas posibles y eficaces para evitar el proceso de enfermedad. Una vez que el sujeto está motivado hacia la protección los comportamientos que lleve a cabo irán en consonancia con la evitación del riesgo. Las variables fundamentales que determinan la motivación de la protección son dos:

- La valoración de la amenaza que está en función de la capacidad de adaptación a la amenaza menos la cantidad de amenaza recibida y el grado de vulnerabilidad del sujeto hacia esa amenaza.
- La valoración de la respuesta de afrontamiento, que está en función de la eficacia de la respuesta y la autoeficacia menos los costes adaptativos.

El modelo del prototipo /voluntad.

En este modelo se incorpora el constructo voluntad conductual, ha contado con el respaldo de estudios demostrando que el comportamiento de riesgo adolescente no es planificado y la voluntad y la intención son constructos relacionados pero independientes que separadamente predicen el comportamiento de riesgo (Gibbons et al., 1998; Gibbons et al., 2004). El modelo del prototipo /voluntad puede ser considerado como una extensión de la teoría de acción razonada, reteniendo elementos como las normas sociales y las intenciones conductuales pero ensanchando el alcance teórico para el comportamiento no intencionado usando constructos nuevos como la voluntad. El modelo sugiere que las intenciones y las expectativas se convierten en mejores variables predictivas de comportamiento como incremento de la madurez, considerando que con la madurez el poder de predicción de la voluntad disminuye. En el modelo del prototipo /voluntad, los prototipos son imágenes de personas que toman riesgos y personas que no toman

riesgos, así como también las imágenes de uno mismo, que se ha encontrado en el comportamiento motivado.

La teoría de la huella borrosa

Esta teoría opina que el comportamiento de riesgo está gobernado por representaciones borrosas de categorías de personas, objetos, y acontecimientos (o por valores y principios que son indicios en el contexto) en vez de detalles literalmente (Reyna, 2004a; Reyna y Adam, 2003; Reyna et al., 2005). Como Gibbons, Gerrard, y Lane 2003 escriben, “no son características específicas de las imágenes que motivan comportamiento (como las metas), pero más bien la impresión general del tipo de persona que contrata eso es influyente”. Así, los modelos de proceso dual, como el modelo del prototipo /voluntad y la teoría de la huella borrosa, identifique dos caminos divergentes para la toma de riesgos: Una ruta razonada y una ruta reactiva.

La búsqueda de sensaciones en la asunción de riesgos durante la adolescencia.

A pesar de que los adolescentes tienen capacidad suficiente para percibir con precisión los riesgos, persiste la tendencia de no tener en cuenta esta información en su toma de decisiones (Arnett, 1992; Greene, 2000). La búsqueda de sensaciones durante la adolescencia se explica en parte por la falta de conexión entre el riesgo percibido y el compromiso continuo en las conductas de riesgo. Zuckerman describe la búsqueda de sensaciones como “la búsqueda variada, novedosa, compleja e intensa de sensaciones y experiencias, y la voluntad de asumir riesgos físicos, sociales, legales y financieros para satisfacer esa experiencia (1994)”. En la teoría de Zuckerman sobre la búsqueda de sensaciones, las personas con altas puntuaciones en búsqueda de sensaciones muestran una mayor predisposición a tomar riesgos con el fin de satisfacer su mayor necesidad de obtener sensaciones intensas. Esta predisposición a la conducta de riesgo puede conducir a los adolescentes a niveles más elevados de consumo de sustancias, a un incremento en la toma de riesgos sexuales y un incremento en problemas comportamentales con el fin de satisfacer esta necesidad.

Hay muchos estudios que muestran una relación estrecha en la búsqueda de sensaciones y el consumo de sustancias, especialmente en el consumo de alcohol en adolescentes y adultos jóvenes, tanto en estudio transversales (Marmorstein, 2013; Malmberg, et al., 2012; Malmberg, et al., 2010; Kong et al., 2013), como en estudio longitudinales (Kaynak, et al., 2013; Quinn, Harden, 2013; Castellanos-Ryan, Conrod, 2011; MacPherson, et al., 2010; Pedersen, et al., 2012). Un estudio longitudinal con jóvenes de 15 a 26 años mostró que las personas que tenían un descenso más lento de la búsqueda de sensaciones a medida que iban envejeciendo también tuvieron aumento más rápido del consumo de alcohol (Quinn, Harden, 2013). Los estudios también han encontrado una asociación entre la búsqueda de sensaciones y el consumo de otras sustancias, como el consumo de marihuana y el tabaco (Castellanos-Ryan y Conrod, 2011; Sargent, et al., 2010; Brook, Zhang, Brook, 2011; Kong, et al., 2013; Hampson, Andrews, Barckley, 2008)

Por otro lado, existen estudios que determinan una clara conexión entre la búsqueda de sensaciones y la toma de riesgos sexuales durante la adolescencia (Hoyle, Fejfar, Miller, 2000). Por ejemplo, en un estudio con chicas afroamericanas de 15 a 21 años, puntuaciones altas en búsqueda de sensaciones predecían un menor uso reciente de preservativos, el uso consistente del preservativo, una mayor cantidad de parejas sexuales a lo largo de la vida, una menor comunicación sexual, una disminución en la percepción de autoeficacia para rechazar las relaciones sexuales, más miedo a la hora de negociar el uso del preservativo o una mayor predisposición a tener relaciones sexuales sin utilizar métodos anticonceptivos (Voisin, Tan, Diclemente, 2013; Bailey, Gao, Clark., 2006; Arnett, 1990).

Hay pocos estudios que vinculen la búsqueda de sensaciones y los problemas comportamentales de la adolescencia. En un estudio longitudinal, el aumento en la búsqueda de las sensaciones en los individuos se asoció con un incremento en la delincuencia desde la niñez hasta la adolescencia (Harden, Quinn, Tucker-Drob, 2012). También se encontró una relación entre la búsqueda de sensaciones y los problemas de conducta en una muestra con estudios medios y bajos recursos económicos. Marmorstein, (2013).

En general, los estudios muestran que la búsqueda de sensaciones suele ser mayor en los hombres que en las mujeres (Cross, Copping, Campbell, 2011; Cross, Cyrenne, Brown, 2013), aunque las mujeres alcanza los niveles más altos de búsqueda de sensaciones antes que los hombres (en consonancia con la idea de que la búsqueda de sensaciones está vinculada al desarrollo puberal), y por lo tanto disminuyen la búsqueda de sensaciones más rápidamente que las mujeres. Además los hombres aumentan el control de los impulsos de forma más gradual que las mujeres (Shulman,, Harden, Chein y Steinberg, L. (2015).

Si nos centramos en la edad, la búsqueda de sensaciones aumenta sus niveles desde la infancia hasta la adolescencia media, mostrando un pico de actividad alrededor de los 16 años (MacPherson, et al., 2010; Harden y Tucker-Drob, 2011; Lynne-Landsman, Graber, Nichols y Botvin, 2011; Steinberg, et al., 2008). Es curioso observar como el incremento en la conducta de búsqueda de sensaciones novedosas también se ha encontrado en roedores (Laviola, Macri, Morley-Fletcher y Adriani, 2003; Stansfield y Kirstein, 2006), lo cual sugiere que estamos ante un proceso biológico primitivo que juega un papel importante en los cambios evolutivos. Es decir, la búsqueda de sensaciones lleva consigo cierto grado de riesgo, por lo tanto esta conducta de asunción de riesgos adquiere un carácter adaptativo que podría ser esencial e incluso necesario para sobrevivir y facilitar la reproducción. Steinberg y Belsky dijeron “la buena voluntad de tomar los riesgos, incluso riesgos peligrosos para la vida, podría haber demostrado un buen avance respecto a nuestros antepasados cuando rechazaban incurrir en tales riesgos que eran de hecho aún más peligrosos para la supervivencia o la reproducción. No obstante, pudo haber sido mejor elección el comportamiento aparentemente más arriesgado, por ejemplo intentar cruzar un río con una corriente fuerte, que quedarse quieto y ser arrasado por una tromba de agua, puesto que de no haber ejecutado la elección de riesgo podría haber sido aún más arriesgado”.

En los seres humanos, los cambios en los niveles de búsqueda de sensaciones se ha hipotetizado que se deben a cambios en el desarrollo madurativo del cerebro adolescente (Casey, Jones y Hare, 2008; Somerville, Jones y Casey, 2010; Steinberg et al., 2009; Steinberg, 2008). Como muestra Somerville et al. (2010), las áreas subcorticales del cerebro están implicadas en la respuestas a los estímulos novedosos, gratificantes y emocionales

(incluida la amígdala y el núcleo accumbens) “mostrando una activación exagerada en los adolescentes” (p.131). En concreto, los adolescentes, frente a niños o adultos, muestran una respuesta más fuerte en el núcleo accumbens a grandes recompensas monetarias (Ernst et al., 2005; Galvan et al., 2006) y muestran una demora en la respuesta del estriado en las recompensas (Fareri, Martin y Delgado, 2008). Estos cambios en la actividad cerebral podría estar vinculados a los cambios que se producen en el desarrollo puberal, lo cual se ha relacionado con cambios en los circuitos neuronales implicados en el comportamiento de motivación por la recompensa, particularmente en el núcleo accumbens y las vías dopaminérgicas del cortex prefrontal (Blakemore, Burnett, y Dahl, 2010; Forbes y Dahl, 2010).

Por otro lado, se ha encontrado en estudios longitudinales que existen diferencias individuales en los niveles de cambio en la búsqueda de sensaciones de los jóvenes en función de su edad. (Harden y Tucker-Drob, 2011). Es probable que estas diferencias individuales se rijan por factores genéticos. En concreto, recientes trabajos de genética molecular han encontrado una asociación entre la búsqueda de sensaciones y los polimorfismos genéticos relacionados con el sistema dopaminérgico (Derringer et al., 2010; Lang, Bajbouj, Sander y Gallinat, 2007; Ray et al., 2009).

En conclusión, se necesitan más investigaciones que nos permitan dilucidar mejor el papel que juega la búsqueda de sensaciones y la relación que mantiene con la asunción de riesgos durante la adolescencia, para ello es esencial comprender tanto la contribución de los mecanismos biológicos (cambios hormonales durante la pubertad, etc.) como los mecanismos culturales (pautas educativas...), y las diferencias individuales (sexo, edad...) asociadas a estos procesos.

La presión del grupo de iguales en la asunción de riesgos durante la adolescencia.

Las conductas de riesgo tienden a ocurrir dentro de un contexto rodeado de iguales (Wolfe et al., 2006), y uno de los principales contribuyentes en la participación de los adolescentes en conductas de riesgo es percibir o recibir presión explícita de tu grupo de iguales

(Santor, Messervey y Kusumakar, 2000). Dentro de su grupo de iguales (es decir, el conjunto de compañeros con los que los adolescentes interactúan de forma regular), los adolescentes experimentan una serie de interacciones con sus iguales que probablemente estén forjando sus actitudes y comportamientos frente a la participación en conductas de riesgo (Dishion, Spracklen, Andrews y Patterson, 1996; Patterson, Dishion y Yoerger, 2000). Por lo tanto, no es una sorpresa encontrarnos estudios que hayan encontrado que todos los miembros de un grupo de iguales tienden a desarrollar actitudes y comportamientos similares con respecto al consumo de sustancias (Urberg et al., 1997), delincuencia general (Kiesner et al., 2002), abandono escolar (Cairns, Cairns, y Neckerman, 1989) y prácticas sexuales de riesgo (Henry, Schoeny, Deptula, y Slavick, 2007).

En concreto, la presión del grupo de iguales se ha identificado como un factor de riesgo en el desarrollo y mantenimiento de conductas de riesgo durante la adolescencia y la adultez temprana, como por ejemplo el consumo de sustancias o el comportamiento inadecuado (Bahr, Hoffmann y Yang, 2005; Crockett, Raffaelli y Shen, 2006; Dumas, Ellis y Wolfe, 2012; Jessor, Costa, Krueger y Turbin, 2006; Brown, Clasen y Eicher, 1986; Santor et al., 2000). Según Brown, Clasen et al. (1986), la presión del grupo de iguales se refiere a la sensación de presión que experimentan los adolescentes cuando se les anima o coacciona por otros para pensar o comportarse según ciertas pautas descritas por los iguales. Esos sentimientos de presión son a menudo resultado de la incomodidad de los adolescentes con la actitud o comportamiento promovido en detrimento de la actitud o comportamiento natural que habría tenido si no hubiera sido presionado o coaccionado. Santor et al. (2000) demostró que los adolescentes que experimenta una mayor presión de su grupo de iguales consumen más alcohol, drogas, tabaco y tuvieron un peor rendimiento académico que los adolescentes que tenían una menor presión de su grupo de iguales.

Además, las características estructurales de los grupos de iguales de los adolescentes se caracteriza por ser una organización jerárquica de poder en la que existen líderes claramente definidos que vigilan el comportamiento de los demás miembros del grupo y juega un papel importante en la socialización del adolescente. Además, los grupos de iguales en los que ser miembro de dicho grupo es más exclusivos se acentúan la jerarquía y los líderes se esfuerzan por

hacer cumplir las normas y proteger la reputación del grupo. (Adler y Adler, 1998). Los miembros que reconozcan la importancia del control en el grupo son menos propensos a desviarse del comportamiento esperado incluso en ausencia de la presión directa del grupo de iguales. El cumplimiento de las normas del grupo ayuda a los miembros a evitar conductas coercitivas de sus líderes, asegura la pertenencia al grupo e incluso defiende la reputación del grupo (Adler y Adler, 1998; Hogg, 2005). Teniendo en cuenta que los comportamientos de riesgos tienden a ser aceptados e incluso valorados en la cultura adolescente moderna (Moffitt, 1993), nos podemos encontrar a adolescentes que pueden incurrir en conductas de riesgo para impresionar a los miembros del grupo más poderosos y/o mejorar su estatus social dentro de su grupo.

El incremento de la atención en los estímulos sociales que sucede como consecuencia de la pubertad es particularmente importante en la comprensión de la asunción de riesgos durante la adolescencia. Uno de los marcadores característicos de la asunción de riesgos de los adolescentes es que es mucho más probable que ocurra la conducta de riesgo bajo presión del grupo de iguales que en los adultos. Por lo tanto, el nivel o el grado al cual el grupo de iguales hacen uso del alcohol o fomentan el uso de las drogas, es el predictor más robusto para determinar el uso de la sustancia en ese adolescente (Chassin y otros, 2004). Por ejemplo, los estudios sobre accidentes de automóvil nos muestran como la presencia de pasajeros de la misma edad en un coche conducido por un adolescente, aumenta considerablemente la probabilidad de sufrir un accidente serio (Simons-Morton, Lerner, y Singer, 2005). O como es más probable que un adolescente sea más activo sexualmente si su grupo de iguales lo es también (DiBlasio y Benda, 1992; East, Felice y Morgan, 1993; Udry, 1987), incluso también suceden cuando el adolescente cree que sus amigos son activos sexualmente, independientemente de si sus amigos lo son realmente (Babalola, 2004; Brooks-Gunn y Furstenberg, 1989; DiIorio et al., 2001; Prinstein, Meade y Cohen, 2003). Y por último, en los adolescentes existe una mayor probabilidad de cometer crímenes en grupo que cuando se encuentran solos, a diferencia de los adultos que sucede a la inversa (Zimring, 1998).

Hay varias explicaciones plausibles para el hecho de que esa asunción de riesgos de los adolescentes suceda a menudo cuando están en grupos. El predominio relativamente mayor de la

asunción de riesgos del grupo observado entre los adolescentes pueden provenir el hecho de que los adolescentes simplemente pasan más tiempo con el grupo de iguales que los adultos (Brown, 2004). Una visión alternativa es que la presencia de iguales activa el mismo circuito neuronal implicado en el procesamiento de la recompensa, y que esto impulsa a los adolescentes hacia mayor búsqueda de las sensaciones. Para ello, Gardner y Steinberg (2005) realizaron un estudio en el que manipulaban la presencia o no de los iguales en una tarea de conducción de un coche en la que tenían que tomar la decisión de continuar o no ante un semáforo en color ámbar, y recibirían una mayor cantidad de puntos cuanto más distancia recorriesen. Los resultados mostraron que cuando los participantes estaban solos, los niveles de conducción de riesgo eran comparables con los tres grupos de la misma edad. Sin embargo, la presencia de iguales dobló la asunción de riesgos entre los adolescentes, incremento en un cincuenta por ciento entre los jóvenes, pero no tenía ningún efecto en los adultos, un patrón que era idéntico en ambos sexos.

Hasta aquí hemos realizado una revisión de la literatura sobre la asunción de riesgos explicada desde modelos que contemplan variables cognitivas, conductuales y psicosociales que nos han permitido hacer un boceto sobre la asunción de riesgos durante la adolescencia. En el siguiente apartado nos adentraremos en realizar una revisión más exhaustiva de cómo sucede el proceso de asunción de riesgos.

1.3. LA TOMA DE DECISIONES DE RIESGOS DURANTE LA ADOLESCENCIA: BASES NEURONALES

Para comprender bien el fenómeno de la asunción de riesgos es importante que entendamos lo que sucede en el proceso de toma de decisiones en situaciones que pudieran implicar situaciones de riesgo. Para ello es necesario adentrarnos en la literatura sobre el proceso de toma de decisiones y desde un enfoque neurológico realizar una revisión de los hallazgos encontrados respecto a las bases neuronales implicadas en cada una de las fases del proceso de toma de decisiones y así poder comprender cuáles son las áreas cerebrales implicadas en la toma de decisiones de riesgo. Además resulta indispensable revisar lo que sabemos hasta la fecha

sobre la activación neuronal asociada al desarrollo de las distintas etapas de la adolescencia y la diferenciación existente entre sexos. En este apartado intentaremos dar luz sobre estas cuestiones.

A) ANÁLISIS DEL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

Introducción

Uno de los retos que tenemos que afrontar a diario es saber gestionar la información que tenemos para poder tomar decisiones que impliquen ejecutar determinados cursos de acción. La toma de decisiones más óptima se basa en limitar las opciones posibles, usando estrategias satisfactorios o heurísticos simplificados de toma de decisiones.

En los últimos años ha aumentado el interés por entender cuáles son los mecanismos neuronales subyacentes al proceso de toma de decisiones. Este interés se refleja en el aumento del número de trastornos psiquiátricos en la cual la toma de decisiones se ve afectada, como por ejemplo, el abuso de sustancias/dependencia, trastornos de conducta, atención y ansiedad. El objetivo de este apartado es proporcionar una revisión sobre los diversos procesos psicológicos y neuronales implicados en la toma de decisiones en riesgo.

La toma de decisiones ha recibido una atención considerable por parte de psicólogos y economistas (Loewenstein et al 2001; Slovic et al 2004; Tversky y Kahneman 1975), neurólogos y neuropsicólogos (Bechara 2004a; Clark et al., 2003; Damasio et al 1996; Lhermitte et al 1986; Shallice y Burgess 1991), psiquiatras (Ernst et al 2004; Paulus et al 2003; Rogers et al 1999a) y neurocientíficos (Clark et al 2004; Glimcher 2002; Gold y Shadlen 2001; Platt y Glimcher 1999). Las primeras incursiones en la evaluación de la toma de decisiones se realizaron desde el ámbito clínico, donde se evaluaba a los pacientes con lesiones cerebrales bien definidas (ver Bechara 2004a; Damasio et al 1996). Este marco de análisis no solo identificó las regiones cerebrales esenciales para la toma de decisiones adaptativas sino que también proporcionó un modelo conceptual de los aspectos críticos en la toma de decisiones (ej. La teoría de los marcadores somáticos, Damasio et al. 1996). Además, los estudios de lesiones cerebrales suministraron

paradigmas experimentales (ej. Desarrollo de las Tareas de Juego, Bechara et al 1994), así como hipótesis en un campo relativamente nuevo como la investigación con neuroimagen funcional.

Finalmente, la integración de los psicoeconomistas que examinan las reglas que guían las elecciones (Kahneman 1991) y la neurociencia que establece modelos neuronales de modulación del comportamiento de recompensa (Schultz 2002; Schultz et al 1997), han impulsado la investigación de la toma de decisiones a un nuevo nivel de análisis. En una primera revisión nos centraremos en los procesos biológicos, manteniendo un componente de entrada simple y constante, es decir, la presentación en un entorno neutro, con señales externas definidas por distintas características físicas (por ejemplo volumen, color, forma) que predicen distintos resultados medibles (por ejemplo, la cantidad de dinero). En una segunda revisión, abordaremos la extensa literatura psicológica y social que ha examinado la influencia del contexto y el ambiente en la toma de decisiones, operando en múltiples niveles sensoriales, cognitivos, afectivos y social. Estas influencias ambientales también pueden ser analizadas a lo largo de varias etapas de la toma de decisiones.

El modelo sobre la toma de decisiones planteado por Ernst y Paulus (2005) se sustenta en un marco explicativo del sistema neuronal basado principalmente en la neuroanatomía funcional. Aunque no se ocupan directamente de los sustratos neuroquímicos que intervienen en los distintos procesos de la toma de decisiones, existen varios sistemas de neurotransmisores a los cuales se les ha reconocido una influencia crítica en la toma de decisiones. Por ejemplo, la dopamina está implicada en los sistemas de recompensa (Di Chiara et al 2004; Wise 1996), y en el aprendizaje asociativo (Schultz 2002), la serotonina tiene un papel clave en la impulsividad y la emoción (Hollander y Rosen 2000), la acetilcolina en la memoria (Gold 2003), y la noradrenalina en la atención y la excitación (Berridge y Waterhouse 2003; Robbins 1997). La interacción entre estos moduladores neuroquímicos y la traducción de sus acciones a nivel molecular (e.g., Nestler 2001) es un área de investigación activa que está más allá del alcance de esta revisión teórica.

Mapa temporal de la toma de decisiones

Según Ernst y Paulus (2005), la toma de decisiones depende de tres procesos temporal y funcionalmente distintos: 1) la evaluación y la formación de preferencias entre las opciones posibles, 2) la elección y ejecución de una acción, y 3) la evaluación de un resultado. En nuestro análisis nos ocuparemos sobre cuáles son los procesos cognitivos implicados en cada etapa, revisando constructos psicológicos tales como atención, memoria de trabajo, motivación, anticipación e impulsividad, que pueden participar en diferentes momentos del proceso, así como las áreas cerebrales implicadas en cada una de las etapas.

Etapas 1. Formación de las preferencias.

Desde la perspectiva del sistema neuronal, la formación de valores implica circuitos cerebrales tanto “cognitivos” como “emocionales”. Hay una serie de factores que influyen en el desarrollo de las preferencias, incluyendo características físicas de las opciones, características de los resultados previstos para las opciones, como la valencia (positiva, negativa), saliencia (intensidad, magnitud), la probabilidad (grado de certeza) y el momento (demora); valores relativos y el número de opciones para elegir, la experiencia anterior con estas opciones y sus resultados; y en el contexto externo e interno en el que se toman las decisiones (por ejemplo estado afectivo, social). Cada uno de estos factores pueden ser codificados por circuitos neuronales específicos y modulados por sistemas neuroquímicos diferentes. Algunos de estos circuitos funcionales los describimos a continuación.

La codificación de las probabilidades o la certeza de predecir resultados a través de las opciones disponibles son específicas del proceso de formación de preferencias. Se ha demostrado que la corteza parietal está involucrada en el cálculo (Dehaene et al 1999) y la evaluación de probabilidades (Ernst et al 2004; Platt y Glimcher 1999; Shadlen y Newsome 2001). El cíngulo anterior (ACC) se ha asociado con procesos de incertidumbre (Critchley et al 2001; Elliott et al 1999), tal vez por la integración de éxitos y errores con el paso del tiempo (Carter et al 1999).

La revisión de las opciones (por ejemplo, haciendo caso omiso a las opciones menos atractivas o sincronizando las opciones con valores similares, etc) sirve como mecanismo para simplificar las opciones (Tversky y Kahneman 1981). Estas operaciones pueden ser mayoritariamente automáticas o pueden implicar un esfuerzo de deliberación consciente. Se ha sugerido que el cortex dorsolateral y orbitofrontal derecho están implicados en estos procesos (Cummings 1995; Dias et al 1997). El razonamiento, en la parte de la deliberación, se ha propuesto que se lleva a cabo por los giros frontales medios e inferiores izquierdo (Goel et al 1998).

La evaluación afectiva de las opciones también implica tanto procesos automáticos como conscientes. Las teorías de las emociones (Cannon 1987; Schachter y Singer 1962) han ayudado a dar forma a la neurociencia cognitiva de la toma de decisiones. En particular la teoría de la emoción de James – Lange (Cannon 1987), que destaca el papel de las respuestas fisiológicas y cognitivas en la formación de la emoción, ha allanado el camino a la teoría de los marcadores somáticos contemporánea (Bechara 2004a; Damasio et al 1996).

Los atributos afectivos de una opción se reclutan en las regiones como la amígdala, ínsula, orbitofrontal y cíngulo anterior. Un paso intermedio en esta operación es la producción de “marcadores somáticos”, lo cual le indica la intensidad (saliencia) de la valencia (valor positivo o negativo) de los estímulos experimentados por los individuos. Aunque la contribución de los marcadores somáticos en la toma de decisiones sigue siendo objeto de debate (Heims et al 2004; Hornak et al 2003; Maia y McClelland 2004), sigue siendo un aspecto central en el etiquetado emocional de los estímulos. Las estructuras implicadas en el modelo de los marcadores somáticos son el orbitofrontal, la amígdala y el estriado ventral.

Etapas 2. La elección y ejecución de una acción.

El objetivo de esta etapa es iniciar, ejecutar y completar una acción según las preferencias establecidas en la primera etapa. Cognitivamente, las acciones no preferidas tienen que ser inhibidas o suprimidas, y centrar la atención en las acciones que podrían ser implementadas; los

subjetivos adecuados tienen que ser monitorizados; la corrección de errores tiene que tenerse en cuenta; y se debe planificar el tiempo de las acciones. El modelo general de control de las acciones formulado por Shallice et al (1989) podría ser el que mejor explique este momento, aunque se refiere más específicamente a la planificación y ejecución de multitareas complejas.

Esta etapa, se apoya en los sistemas neuronales que sustentan la iniciación, el monitoreo y la finalización de las acciones. El ACC se ha encontrado consistentemente vinculado a la supervisión del error (Carter et al 1998; Holroyd y Coles 2002) y en la detección de conflicto (Van Veen et al 2004). La corteza prefrontal lateral podría estar contribuyendo al monitoreo de las acciones a través de su interacción con el ACC durante el monitoreo del error (Mathalon et al 2003), y en la orientación de acciones compensatorias (Gehring y Knight 2000).

Por otro lado, la motivación se ha definido funcionalmente como el determinante de la dirección y la energía de una acción. En este sentido el núcleo accumbens, un componente del estriado ventral, se ha demostrado que modula aspectos motivacionales de una acción (Ernst et al 2002, 2005; Knutson et al 2001; Mogenson y Yang 1991; Salamone y Correa 2002). La amígdala (Breiter y Rosen 1999), y la corteza prefrontal ventrolateral (Taylor et al 2004) podrían contribuir también a este proceso.

En este sentido se pueden observar algunas anomalías en esta etapa como son, el inicio prematuro de acciones (por ejemplo, impulsividad), acciones incompletas (por ejemplo, el comportamiento fragmentado), o demora o motivación insuficiente para ejecutar las acciones (por ejemplo, un retraso psicomotor). La etapa 2 es una etapa multiprocesual, es decir, la selección de la acción, el monitoreo online de la precisión de la ejecución, la motivación para actuar y la anticipación del resultado, interactúan de una forma que aún no hemos comprendido. Por lo tanto, no es una sorpresa que esta complejidad de funciones suelen estar afectadas en los pacientes con trastornos psiquiátricos.

Etapa 3. La evaluación del resultado.

En esta etapa se evalúa el resultado obtenido respecto a la acción seleccionada. Al igual que durante la etapa 1, los valores se atribuyen a la experiencia previa en el resultado. Así, los procesos de evaluación, tales como la codificación de las características físicas y emocionales de los estímulos se producen en tanto en la etapa 1 como en la 3. La teoría de los marcadores somáticos (Damasio, 1996) también es operativa en esta última etapa. Pero la etapa 1 y 3 difieren principalmente en su última función; mientras que en la etapa 1 la función era formar preferencias basadas en los valores esperados, en la etapa 3 la función es adquirir y aprender los valores reales en las diferentes opciones de estímulos para alcanzar la meta superior de una conducta adaptativa.

Existen una serie de factores que son específicos de la tercera etapa que influyen en la formación de los valores reales. Por ejemplo, el resultado experimentado depende en gran medida de las posibilidades contrafactuales, es decir, lo que podría haber ocurrido si se hubiese tomada una opción diferente en la etapa 1 (Shepperd y McNulty 2002; Zeelenberg et al 1996). El pesar y la decepción influyen en el comportamiento futuro (Zeelenberg 1998). El grado de sorpresa asociado con la experiencia vivida es equivalente al procesamiento de los valores reales. La sorpresa puede aparecer incluso antes del momento de ocurrencia o en función de la naturaleza del resultado esperado. Por definición, la sorpresa infiere una diferencia entre el valor real y el valor esperado.

En las experiencias cotidianas, los valores de resultado, son codificados durante la etapa 3, los cuales a menudo difieren de la opción o valores esperados codificados durante la etapa 1 (Kahneman y Snell 1990). Existe un gran número de factores que pueden contribuir a la diferencia entre los valores previstos y los valores reales, tales como el contraste entre un evento imaginado y el experimentado (Mellers y McGraw 2001), o el ajuste del valor esperado como un intervalo de tiempo entre las dos etapas (Ainslie 1992).

Esta diferencia entre los valores es fundamental para los procesos de aprendizaje. Estudios electrofisiológicos con monos han demostrado que las neuronas dopaminérgicas

codifican el valor de la diferencia entre el valor esperado y el real, y esta diferencia de valor sirve como una señal de aprendizaje que permite desarrollar un comportamiento más adaptativo (Schultz 2002). Cuanto mayor sea la diferencia, más inesperado es el resultado y mayor es el aprendizaje. Esta predicción está apoyada con estudios conductuales (Coughlan y Connolly 2001; Mellers et al 1997), de neuroimagen (Berns et al 2001), y neurofisiológicos (Schultz 1998), y todos muestran que hay un mayor impacto emocional y neuronal con el resultado inesperado que con el resultado esperado.

El procesamiento de la diferencia entre los resultados esperados y los observados es importante para un modelo de diferencia temporal. Los experimentos de neuroimagen funcional han demostrado que el cuerpo estriado ventral (Pagnoni et al 2002) y la corteza orbitofrontal (O'Doherty et al, 2003b) están implicados en la generación de esta señal diferenciada en humanos (McClure et al 2003).

Además de las ya mencionadas regiones implicadas en el procesamiento de las emociones (amígdala, núcleo accumbens, corteza orbitofrontal, y la ínsula), parece que la corteza prefrontal medial, especialmente en el área de Brodmann 10, parece estar implicada únicamente en los procesos de feedback (Knutson et al 2003). La corteza prefrontal ventral medial, incluyendo la corteza orbitofrontal, recibe estímulos sensoriales de varias modalidades y proporciona una mayor saliencia cortical a las estructuras visomotoras del hipotálamo y el tronco cerebral (Ongur y Price 2000). Se ha observado que la corteza prefrontal medial está implicada en la evaluación de lo placentero, el seguimiento de los resultados gratificantes (Knutson et al 2003) y la formación de asociaciones hedónicas (Passingham et al 2000).

Por último, el aprendizaje asociativo se activa cuando se producen eventos de forma repetitiva y con proximidad temporal estrecha. En concreto, si el feedback ocurre lo suficientemente cerca del estímulo presentado o de la acción, se inicia el aprendizaje asociativo. La amígdala y el núcleo accumbens están implicados críticamente en este proceso (Baxter y Murray 2002; Cardinal et al 2002; Gabriel et al 2003; Salamone y Correa 2002; Schoenbaum y Setlow 2003).

En conclusión, los correlatos entre la psicológica cognitiva y neuronal de la toma de decisiones están vinculados en un marco teórico de neurociencia cognitiva – afectiva que permite un enfoque más sistemático para conocer las fases de la toma de decisiones.

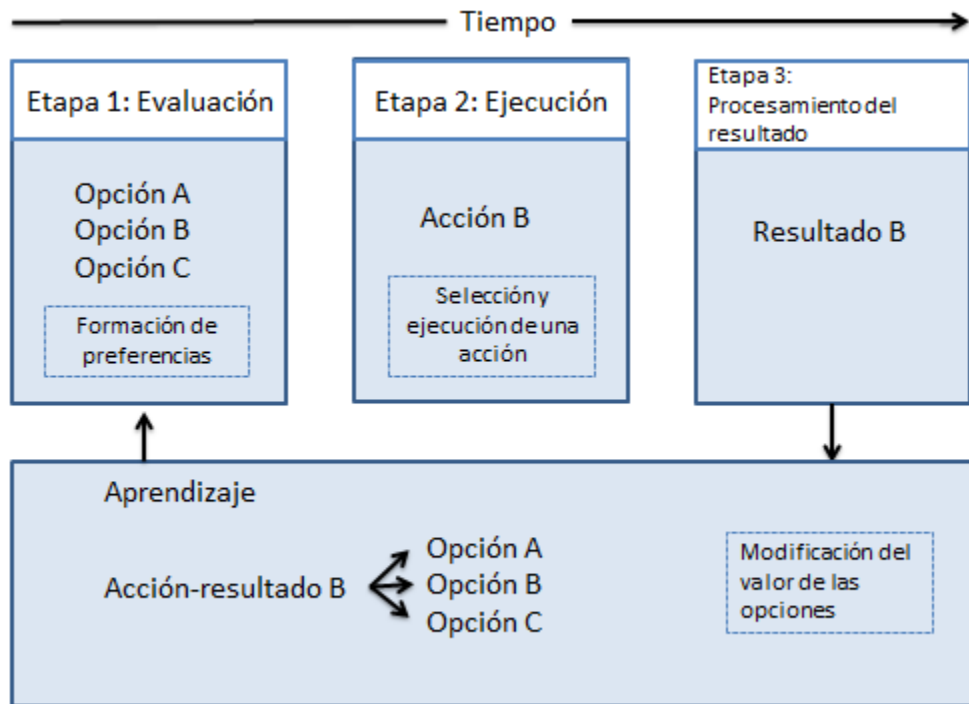


Figura 1.2. Modelo hipotético de los procesos básicos en la toma de decisiones en cada una de las etapas. La toma de decisiones se divide en tres etapas: 1) la evaluación y formación de preferencias entre las opciones posibles, 2) la selección y ejecución de una acción, y 3) la experiencia o evaluación del resultado obtenido. La cuarta caja representa los procesos implicados en el aprendizaje, que se produce cuando se ha completado la secuencia de acción-resultado. El aprendizaje modifica el valor asociado con cada opción de la etapa 1, y condiciona la valoración de estas opciones en la siguiente ocasión que se presenten (Ernst y Paulus, 2005).

B) MODELOS TEORICOS DEL DESARROLLO NEUROCOGNITIVO DE LA TOMA DE DECISIONES DE RIESGO DURANTE LA ADOLESCENCIA.

Los avances en la neurociencia evolutiva de la adolescencia

En la última década ha habido un interés enorme y sostenido en investigar patrones de desarrollo cerebral durante la adolescencia y la edad adulta joven. Habilitado por la creciente accesibilidad y el costo cada vez menor de la obtención de imágenes estructurales y funcionales por medio de la resonancia magnética (fMRI) y otras técnicas de obtención de imágenes internas del cuerpo por medios tecnológicos, como la Obtención de Imágenes Internas del Cuerpo por Medio Tecnológicos del Tensor de Difusión (DTI), los científicos ha comenzado a diseñar cuales son los cambios en la estructura cerebral entre la infancia y la edad adulta, describiendo las diferencias de edad en la actividad cerebral durante este período de desarrollo y los vínculos encontrados entre los cambios morfológicos y funcionales del cerebro con el comportamiento en las diferentes edades. No hay duda de que nuestra comprensión de las bases neuronales del desarrollo psicológico adolescente está tomando forma y cambiando la forma en la cual los científicos evolutivos piensan sobre el desarrollo normativo (Steinberg, 2005) y atípico (Steinberg et al., 2006) en la adolescencia.

El objetivo de este apartado es revisar los hallazgos más importantes en nuestra comprensión del desarrollo cerebral adolescente en relación al estudio de las decisiones de riesgo. Antes de proceder, considero oportuno aclarar algunas unas cuestiones que nos ayudarán a enfocar mejor la información. Cualquier fenómeno conductual puede ser estudiado en múltiples niveles. El desarrollo de la toma de riesgos en la adolescencia, por ejemplo, puede ser abordado desde una perspectiva psicológica (focalizando la atención en el aumento en la reactividad emocional que puede estar bajo la toma de decisiones de riesgo), una perspectiva contextual (focalizando la atención en procesos interpersonales que influyen en el comportamiento de riesgo), o una perspectiva biológica (enfocando la atención en la endocrinología, neurobiología, o genética de la búsqueda de sensaciones). Todo estos niveles de análisis son potencialmente informativos, así como el estudio de las patologías psicológicas se ha

beneficiado del incremento de la información cruzada entre estos múltiples acercamientos (Cicchetti y Dawson, 2002).

En este sentido, nos gustaría indicar que el enfoque neurológico adoptado en esta tesis no supone un reduccionismo biologista. En algún nivel, por supuesto, cada aspecto del comportamiento adolescente tiene una base neuronal y para nosotros lo importante es entender cómo los elementos neuronales nos pueden ayudar a comprender mejor el fenómeno psicológico de la asunción de riesgos durante la adolescencia. Por ello entendemos que cualquier teoría psicológica del riesgo adolescente necesita ser consistente con lo que sabemos del funcionamiento neuronal durante este periodo (al igual que cualquier teoría neurocientífica debe ser consistente con lo que sabemos del funcionamiento psicológico). La mayoría de las teorías psicológicas existentes de la asunción del riesgo adolescente, bajo nuestro punto de vista, no son lo suficientemente consistentes con lo que sabemos del desarrollo cerebral adolescente.

Existen diversos modelos que se han centrado en explicar las características conductuales y cognitivas de la adolescencia, así como los correspondientes patrones de actividad en fMRI asociados al desarrollo neuronal y hormonal. Estos modelos incluyen el Modelo dual de la asunción de riesgos (e.g. Casey et al., 2008; Steinberg, 2008), el modelo tríadico (Ernst, 2014), y el modelo de procesamiento de la información social (Nelson et al., 2005). Estos modelos son ampliamente compatibles, pero difieren en el grado en que enfatizan unos sistemas frente a otros (vg., el sistema de la cognición social) y en el nivel de detalle de su descripción en cada nivel de explicación.

El modelo dual de la asunción de riesgos durante la adolescencia

Cuando nos adentramos en los modelos teóricos que explican por qué se produce un incremento en las conductas de riesgo durante la adolescencia, y a su vez por qué se produce un declive en los participantes con mayor edad, hay que destacar el modelo dual desarrollado por Steinberg, a través de un enfoque centrado en el desfase temporal de los procesos de maduración cerebral durante el periodo de la adolescencia.

Este modelo dual vendría a explicar que la toma de decisiones de riesgo está vinculada en gran parte al equilibrio entre dos sistemas o circuitos cerebrales: el circuito de recompensa y el circuito del control cognitivo. El circuito mesolímbico-dopaminérgico o de recompensa nos lleva a la búsqueda de experiencias placenteras y la búsqueda de la recompensa, especialmente ante la presencia del grupo de iguales. Esta vía afectiva está estrechamente relacionada con una red de áreas límbicas y paralímbicas involucradas en el procesamiento emocional y la recompensa (Geier, 2010; Hare, 2008; Van Leijenhorst, 2010; Guyer, 2008; Pfeifer, 2011; Vasa, 2011), sobre todo el estriado ventral (que subsume el núcleo accumbens), aunque también están implicada la corteza orbitofrontal, la corteza prefrontal ventromedial, la amígdala, el surco temporal superior (Adolphs, 2003; Knutson y Cooper, 2005; Robbins y Everitt, 1996; Singer et al., 2004; Spear, 2009). Esta red que regula la sensibilidad a la recompensa, entre otras funciones, se cree que es la responsable de la “búsqueda de sensaciones”.

Por su parte, el circuito del control cognitivo prefrontal es el encargado de gestionar los procesos autoregulatorios para la planificación de nuestras acciones, la evaluación de los riesgos y la inhibición de los comportamientos que podrían considerarse poco saludables (Botvinick et al., 2001; Chein y Schneider, 2005, 2012; Miller y Cohen, 2001). Los estudios sobre los mecanismos neuronales que están implicados en el proceso autoregulatorio se han centrado generalmente en una red que comprende la corteza prefrontal lateral, la corteza parietal posterior, las áreas dorsolateral prefrontal, y la corteza cingulada anterior (Casey et al., 2001, 2008a, 2008b; Eshel et al., 2007; Luna et al., 2010). Así, existen estudios que nos muestran que el patrón de activación de PFC en tareas de control cognitivo se muestra disminuido o con una activación difusa durante la adolescencia, junto con una activación potencial de regiones cerebrales adicionales que actúan como mecanismo de compensación para alcanzar el control (Crone, 2009; Velanova, 2009; Andrews-Hanna, 2011; Luna, 2010; Durston, 2006; Bunge y Wright, 2007; Eshel, 2007).

Gracias a los estudios de desarrollo cortical se han podido observar los diferentes ritmos de maduración, siendo otra fuente de apoyo importante para el modelo dual, donde han utilizado diversos indicadores de cambios estructurales en la Sustancia gris (SG) o Sustancia Blanca (SB).

En estos estudios se han observado cambios evolutivos en la densidad de la SG y cómo varía significativamente el grosor cortical según la región cerebral, mostrando trayectorias no lineales más prolongadas y de mayor complejidad asociadas a áreas de orden superior (como son DLPFC o Lóbulo Parietal inferior), que contrasta con los picos tempranos y lineales que disminuyen en las áreas sensoriomotoras primarias y otras regiones con una estructura laminar simple (como son el córtex orbitofrontal posterior, el córtex cingulado o la ínsula anterior) (Giedd y Rapoport, 2010; Shaw, 2008).

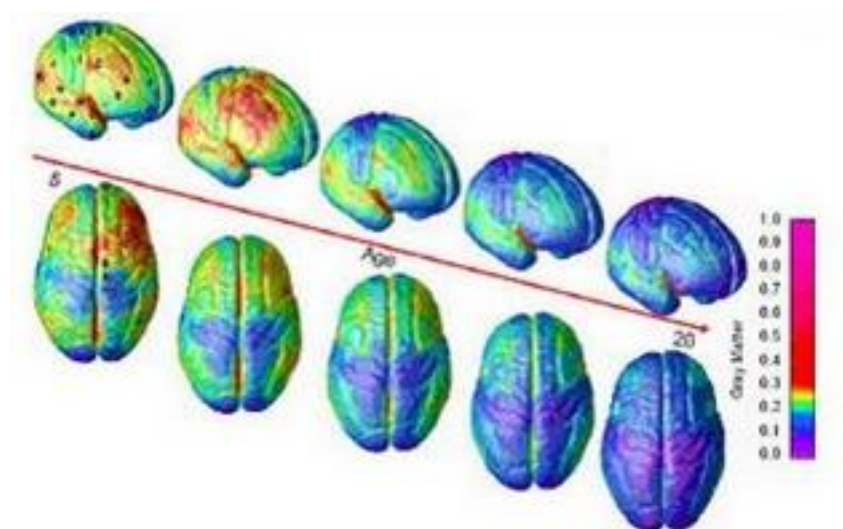


Figura 1.3. Ilustración del volumen de materia gris sobre la corteza cortical desde los 5 hasta los 20 años. (Lenroot y Giedd 2006).

Además, los tractos cerebrales de la Sustancia Blanca en todo el cerebro (incluido el PFC que conecta con el estriado o la amígdala), generalmente exhiben un incremento en los índices de maduración desde la infancia hasta la adolescencia- estos cambios suelen ser lineales respecto al volumen de Sustancia Blanca (Lebel, 2008; Lenroot, 2007; Ostby, 2009; Tamnes, 2010) y no lineales respecto a parámetros de difusión (Lebel, 2008; Ostby, 2009; Tamnes, 2010, Asato, 2010; Giorgio, 2008). Muchos de estas vías o caminos no llegan al 90 % de los valores máximos hasta después de los 20 años, en particular los transversales lateral y medial del PFC (Lebel, 2008; Tamnes, 2010). Esta variedad de medidas estructurales son complementarias y correlacionan robustamente (Guyer, 2008), lo que sugiere que el desarrollo de la Sustancia Gris

es solo moderadamente informativo sobre el desarrollo de la Sustancia Blanca y que probablemente tampoco debería ser extrapolable para poder predecir patrones funcionales durante la adolescencia.

El desarrollo de esta corteza prefrontal va a depender principalmente de la edad y de las experiencias de enriquecimiento y estimulación que viva cada adolescente, y es independiente de la precocidad o no del desarrollo puberal. (Smith, Chein, Steinberg, 2013) Sin embargo, el circuito mesolímbico se verá afectado de manera determinante por los cambios puberales, puesto que muchas de las hormonas que comienzan a secretarse de forma abundante durante estos años tienen un efecto directo sobre algunas áreas cerebrales que configuran este circuito de recompensa, provocando un efecto de sobreexcitación que genera en consecuencia un aumento del valor de recompensa de algunas conductas placenteras, lo que lleva a muchos adolescentes a implicarse en mayor medida en dichas conductas. (Smith, Chein, Steinberg, 2013)

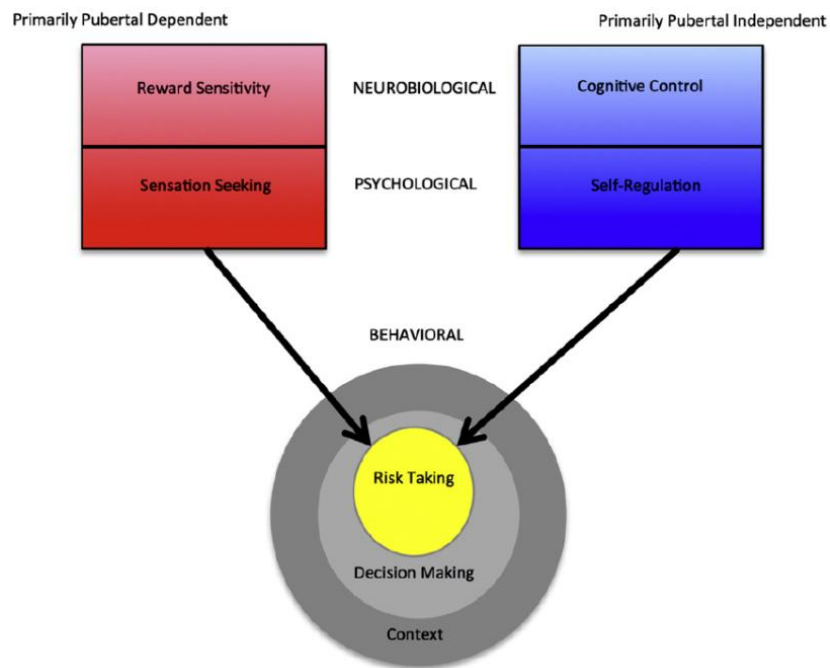


Figura 1.4. Representación gráfica de los constructos implicados en el modelo dual de la asunción de riesgo de los adolescentes. (Smith, Chein, Steinberg, 2013)

Es por ello, que nos encontramos ante una situación paradójica de manera que en los primeros años de la pubertad los adolescentes manifestarán una mayor tendencia a implicarse en la búsqueda de sensaciones y asunción de riesgos (Sexualidad, consumo de sustancias, conducción temeraria, etc), ya que al mismo tiempo poseen una corteza prefrontal muy inmadura que les impide poder controlar el impulso desmedido de un sistema mesolímbico hipersensibilizado. (Casey, 2011; Steinberg, 2010; Gladwin, 2011; Ernst, 2009; Casey, 2008; Casey, 2010; Geier y Luna, 2009; Somerville y Casey, 2010; Steinberg, 2008; Galvan, 2010).

En este sentido, cuando nos encontramos con una pubertad que llega de forma muy precoz, la probabilidad de implicarse en situaciones de riesgo es mucho mayor, puesto que estos chicos/as van a experimentar una sobreexcitación del sistema de recompensa justo en el momento en el que su corteza cerebral esta aun inmadura (recuerden que la madurez de la corteza cerebral es independiente de los cambios puberales), lo cual dibuja un panorama desalentador puesto que se aumenta la asincronía natural de los ritmos de maduración de ambos circuitos cerebrales.

Además, si tenemos en cuenta que en las últimas décadas gracias a la mejora en las condiciones de vida en la mayoría de los países occidentales se ha adelantado la pubertad, podremos comprender por qué algunas conductas de riesgo como el consumo de alcohol o las relaciones sin protección han adelantado su edad de inicio, lo cual no implica que haya una mayor prevalencia de las conductas de riesgo.

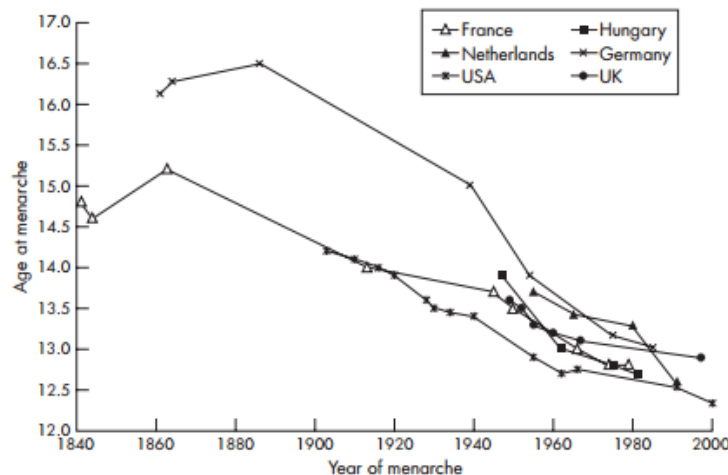


Figura 1.5. Tendencia de un decrecimiento de la edad de la menarquia en último siglo en los países de Francia, Holanda, USA, Hungría, Alemania y Reino Unido. (Bellis, Downing y Ashton, 2006).

En resumen; sabemos que la asunción de riesgos aumenta entre la infancia y la adolescencia como resultado de los cambios alrededor del tiempo de pubertad en el sistema socioemocional del cerebro conduciendo a un aumento de la búsqueda de recompensas, especialmente en presencia de grupo de iguales, ya que funcionan como un disparador de la conducta de riesgo produciendo un cambio drástico del sistema dopaminérgico del cerebro. Además la aceptación del riesgo disminuye entre la adolescencia y la edad adulta por los cambios cognitivos del sistema de control del cerebro que mejoran la capacidad de los individuos para la autorregulación. Estos cambios ocurren a lo largo de la adolescencia y la edad adulta joven y se ven en los cambios estructurales y funcionales dentro de la corteza cerebral prefrontal y sus conexiones con otras regiones del cerebro. Las discrepancias temporales de estos cambios hacen que la adolescencia media sea un momento de gran vulnerabilidad para el comportamiento de riesgo y/o temerario.

Sin embargo, si bien existen evidencias sustanciales de que estos dos sistemas (Recompensa y Control) funcionan de forma diferente durante la adolescencia y que el PFC muestra una maduración estructural retardada en el tiempo, apenas existe evidencias o son muy débiles de cómo afecta esta asincronía al comportamiento en el mundo real, a pesar de que esta conexión es frecuentemente inferida o implícita. Todavía se cuenta con escasas evidencias de cómo covarían los cambios neuronales con los cambios conductuales relevantes a lo largo del tiempo (Payne, 2012).

Criticas al modelo dual, evidencias de la complejidad cerebral

Algunos autores han comenzado a cuestionar algunos aspectos del modelo dual (Pfeifer y Allen, 2012), donde las interpretaciones a post hoc de los patrones de activación de ambos circuitos neurológicos han originado un gran debate en los últimos años. Las críticas al modelo se centran en tres puntos importantes; 1) hay evidencias científicas que no son compatibles con el modelo dual, ya que hay pocos estudios que evalúen la relación entre el desarrollo de cada

sistema cerebral y el patrón de comportamiento en el “mundo real”. 2) La activación del sistema socioemocional se ha asociado a veces con un funcionamiento adaptativo, y el sistema de control cognitivo se ha asociado en ocasiones a un funcionamiento no adaptativo, y estas evidencias son elementos contrarios a los postulados del modelo dual. 3) Los patrones de desarrollo cerebral son más complejos que los que se describen en la teoría del modelo dual.

Por otro lado, también se ha cuestionado la metodología empleada. Así algunos de los estudios de fMRI evalúan directamente tanto la reactividad a las recompensas (u otros estímulos afectivos) y el control regulatorio en el mismo paradigma, o relacionan la función cerebral con comportamientos del mundo real evaluado mediante autoinformes reportados por ellos mismos o sus padres o metodologías más sofisticadas) donde los resultados se infiere que están provocados por la interacción entre estos dos sistemas (Geier, 2010; Hare, 2008; Andrew-Hanna, 2011; Galvan, 2010).

En este apartado examinaremos los datos recientes que podrían constituir una excepción al modelo dual del desarrollo neurotípico del adolescente. Esto incluye estudios empíricos que contradicen los patrones de funcionamiento cerebral durante la adolescencia que se han descrito en el modelo dual. Vamos a comenzar con el sistema afectivo ventral, centrando en el VS y la amígdala. En primer lugar muchos investigadores observan una hipoactividad o no ven diferencias entre los adolescentes y los adultos en la respuesta del VS ante algunas condiciones o paradigmas de recompensa (Geier et al., 2010; Van Leijenhorst et al., 2010; Bjork, 2010). Del mismo modo, los últimos estudios evolutivos de resonancia magnética funcional de reactividad emocional y regulación no han encontrado respuestas consistentes en el incremento de la actividad de la amígdala durante la adolescencia (Pfeifer et al., 2011; Vasa et al., 2011; Pitskel et al., 2011; McRae et al., 2012). En segundo lugar, los estudios indican que el VS no responde únicamente a las recompensas (Levita et al. 2009), y no siempre va aparejado a un sesgo en los adolescentes hacia la conducta desadaptativa. Por ejemplo, un estudio longitudinal reciente de la transición de la niñez a la adolescencia encontró un aumento de la activación de VS a las expresiones faciales emocionales que estaban asociadas con un aumento a la resistencia a la influencia del grupo de iguales y a la disminución en la asunción de comportamientos de riesgo (Pfeifer et al. 2011)

Aunque inicialmente pueda parecer contra-intuitivo, este resultado tiene sentido si se considera que el grupo de iguales actúa como reguladores externos del comportamiento, para la mayoría de los adolescentes con un desarrollo típico, la sensibilidad al grupo de iguales les guiara hacia la obtención de resultados positivos. En otro estudio reciente, se encontró que la mayor activación en VS durante la exclusión social estaba asociada con una mayor reducción en el afecto negativo en los siguientes episodios de exclusión social durante la adolescencia. Ambos estudios, son por lo tanto, coherentes con los resultados de que la actividad de VS puede estar vinculada a la regulación efectiva de la emoción (Wager et al. 2008), y con la propuesta más general de que algunas formas de variabilidad afectiva pueden estar asociadas con un ajuste positivo (Kuppens et al. 2010). Vistos en conjunto, estos estudios sugieren que en ocasiones el sistema afectivo ventral no es hiperreactivo durante la adolescencia y que cuando se da tal hiperreactividad en ocasiones se asocia con resultados adaptativos.

El papel funcional del PFC en el desarrollo del adolescente es posiblemente más complejo. El modelo dual postula que el PFC es un área cerebral relativamente inmadura en comparación con el sistema afectivo ventral. Pero, ¿cómo se traduce esta inmadurez a nivel funcional? ¿mayor o menor actividad? Como hemos señalada anteriormente, numerosos estudios empíricos y revisiones han mostrado que en las tareas en las que es requerido un control cognitivo, las activaciones en el PFC se incrementan con la edad (Durston et al., 2006; Bunge y Wright, 2007; Eshel et al., 2007). Sin embargo, otros estudios reportan una disminución de la actividad en PFC con la edad (Luna et al. 2010; Pitskel et al., 2011; McRae et al., 2012) o patrones no lineales interesantes con mayor o menor actividad en la adolescencia que en la edad adulta y la infancia (Geier y Luna, 2009; Somerville, 2011; Scherf, et al. 2006). En general, la literatura sobre las bases del neurodesarrollo del control cognitivo muestra patrones complejos bidireccionales, tanto en el incremento como en la disminución de la activación del PFC que varían entre subregiones y tareas, y que por tanto estos resultados deben ser interpretado con cautela (Luna et al. 2010; Astle, y Scerif, 2009; Crone y Ridderinkhof, 2011; Poldrack, 2010).

Por ejemplo, en un estudio reciente donde se evaluaba el control inhibitorio en una tarea de antisacadas se encontró que las activaciones transitorias en el PFC estaban relacionadas con el control inhibitorio mientras daban una respuesta sacádica de forma que disminuía con la edad,

mientras que las activaciones relacionadas con el set aumentaban en el PFC (Velanova et al., 2009). Tales patrones complejos son difíciles de conciliar, ya que ambos patrones evolutivos se consideran habitualmente como evidencia de madurez de la función cerebral, lo cual aparece en la literatura como inconsistente u oportunista (Luna et al. 2010; p.109; ver también; Poldrack, 2010)

Además, esta complejidad también está surgiendo en la literatura sobre el desarrollo estructural del cerebro de los adolescentes. En un estudio, se encontró que el aumento en la madurez de la materia blanca se asoció con una mayor participación en las conductas de riesgo (Berns et al., 2009). Otra investigación reciente que mapea los cambios estructura-conducta hasta la adolescencia usando un diseño de cohorte secuencial observó que VS (en concreto núcleo accumbens), aumentó volumétricamente a lo largo de 2 años en tres grupos de edad que iban desde los 9 hasta los 23 años, y este aumento se correlacionó con una mayor puntuación en el “behavioral approach system” (BAS (Gray, 1991)). Los niveles volumétricos iniciales de VS y OFC medial, por el contrario, se correlacionaron con incrementos en el BAS en la respuesta de recompensa (Urosevic et al., 2012) El efecto de las diferencias individuales en los volúmenes en estas regiones en la faceta de sensibilidad hacia la recompensa no varió en los grupos de edad. Este estudio revela las complejidades que se esconden tras el modelo dual. En concreto, el VS muestra una trayectoria no lineal muy clara con un pico entre 13-17 años (definido como adolescencia tardía), en lugar de los patrones lineales de disminución volumétrica y respuestas de picos de activación funcionales típicamente citados como evidencia de una madurez temprana en el sistema afectivo ventral (Casey et al, 2011; Steinberg, 2010; Casey et al, 2008a; Casey et al, 2008b; Casey et al, 2010; Steinberg, 2008). Además, no hay evidencia de cambios relacionados con la edad en la magnitud de las correlaciones entre la estructura de VS o OFC medial y la sensibilidad a la recompensa.

Además, como párrafo final de este punto, se debe tener en cuenta que existen otros factores clave que pueden estar influyendo en el desarrollo de patrones de activación tanto en regiones prefrontales como subcorticales. Estos incluyen la ejecución de las tareas (Koolschijn et al, 2011), el diseño de la tarea (Velanova et al., 2009) o diferentes líneas basales y tiempo en las condiciones (Galvan, 2010; Geier y Luna, 2009), y la variedad de técnicas de análisis de datos.

Por ejemplo, hay investigadores que descubrieron recientemente que algunos análisis de conectividad funcional han sido interpretados como una demostración de un aumento del desarrollo en las conexiones de largo alcance durante el estado de reposo (es decir, independiente de la tarea), cuando realmente se trataban de efectos espurios de un mayor movimiento en los participantes más jóvenes (Power et al., 2012; Van Dijk et al., 2012), los cuales debían ser eliminados de los análisis con los mecanismos de control apropiados para evitar inducir artefactos de movimiento. Algunos efectos similares podrían estar debajo de estudios empíricos que muestran un incremento evolutivo de la conectividad funcional dependiente de la tarea entre las regiones prefrontales y subcorticales. (Hare et al., 2008; Pfeifer et al., 2011)

Si tenemos en cuenta todas las evidencias que hemos expuesto anteriormente en contra del modelo dual, parece evidente que debemos ser cautelosos antes de aplicar el modelo dual para explicar el desarrollo normal y atípico de los adolescentes. Parece que existe una dependencia excesiva a usar estos modelos para interpretaciones a posteriori de los datos funcionales y estructurales que tienden a ratificar el modelo dual. Además, la funcionalidad de las regiones abordadas en este modelo es múltiple y compleja, y su relación con el comportamiento en el mundo real no ofrece un marco persistente en el que se atribuya riesgo a una región o sistema en concreto, y otras a las que se les atribuya un factor protector.

Por lo tanto, cada día se reconoce más nuestras limitaciones, sobre todo la dificultad de asignar una función concreta a una estructura cerebral determinada, o la asignación de áreas cerebrales con conductas (Johnson et al., 2009; Poldrack, 2010; Poldrack, 2011). Por otro lado, en ocasiones se observa como la neurociencia, y otras investigaciones psicológicas, hace un uso contradictorio de los argumentos a favor y en contra de la capacidad de los adolescentes para madurar conductualmente. (Johnson et al. 2009), la tendencia a malinterpretar las diferencias como deficiencias (Steinberg, 2010), la sobresimplificación de la asignación estructuro-funcional entre las áreas subcorticales y la motivación de aproximación o evitación (Casey et al., 2011), y el escaso reconocimiento a la interacción dinámica entre el sistema límbico y el sistema cognitivo durante la adolescencia (Casey et al., 2011; Steinberg, 2010; Giedd y Rapport 2010). Sin embargo, es importante que se tengan en cuenta estas consideraciones para poder mejorar nuestros esfuerzos de investigación, y que poco a poco podamos comprender mejor la

complejidad del funcionamiento cerebral adolescente en la asunción de comportamientos de riesgo.

El modelo triádico del comportamiento motivado de Ernst (2014)

El modelo triádico de sistemas neuronales es una herramienta heurística, que se ha desarrollado con el objetivo de proporcionar un marco teórico para la investigación de la neurociencia del comportamiento motivado. A diferencia del modelo dual que pone de relieve la dinámica entre el sistema de aproximación centrado en la función estriatal y el sistema de control centrado en el cortex prefrontal, el modelo triádico también incluye el sistema de evitación centrado en los circuitos relacionados con la amígdala.

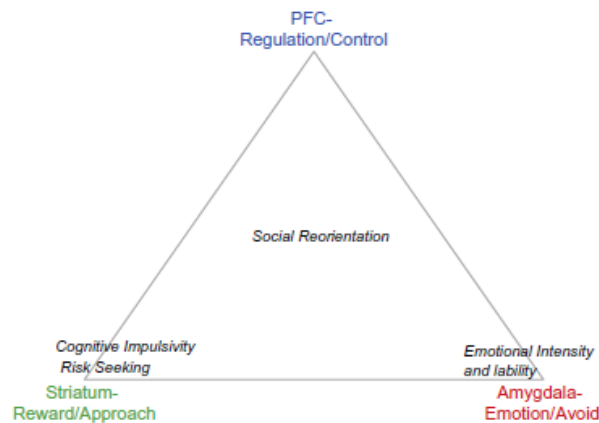


Figura 1.6. El modelo Triádico. La corteza prefrontal (PFC) tiene una relación recíproca con el estriado y la amígdala, y a su vez la amígdala y el estriado están vinculados entre sí. Dentro del modelo triado el estriado representa el sistema de motivación, y está asociado con la recompensa y aproximación; la amígdala representa el sistema emocional, particularmente las respuestas a estímulos aversivos (por ejemplo, el temor), y desempeña un papel significativo en la evitación; la corteza prefrontal es el sistema regulador, que sirve para el control de la aproximación o evitación de las conductas. En cuanto a los comportamientos observados normalmente en la adolescencia, el estriado es el principal responsable de la búsqueda de riesgos y la impulsividad cognitiva y la amígdala estaría implicada en la intensidad y labilidad emocional. Por último, la conducta de reorientación social implica una interacción entre los tres sistemas.

Tabla 1.1. Componentes principales y función de los módulos del modelo tríadico

<i>Módulos del modelo tríadico</i>		
Aproximación	Evitación	Regulación
<i>Estructuras principales</i>		
Estriado	Amígdala	Dorsolateral PFC
Córtex Orbitofrontal	Hipocampo	Ventromedial Orbital PFC
	Ínsula	Córtex Cingulado Anterior
<i>Función</i>		
Estímulos gratificantes	Estímulos aversivos	Detección de la saliencia
Valor de la	Valor de la	Atención ejecutiva
Valiencia/saliencia	Valiencia/saliencia	
Motivación	Respuesta al miedo	Control motor
Respuesta motora	Evitación de amenazas	Detección de conflicto
Afecto positivo	Afecto negativo	Monitorización del conflicto
		Resolución del conflicto

El modelo tríadico establece que lo que determina la conducta motivada son tres sistemas neurofuncionales, que se distribuyen en las redes centradas en la corteza prefrontal, el cuerpo estriado y la amígdala. Cabe esperar que estos tres sistemas maduren a largo del tiempo en un orden predeterminado. La coordinación de este orden predeterminado se cree que afecta a los cambios comportamentales relacionados con la edad. Estos tres sistemas neuronales tienen un funcionamiento de forma independiente, pero son redes superpuestas y contienen funciones básicas complementarias (Tabla 1.1). En general, estas tres redes están principalmente implicadas en motivación/aproximación, emoción/evitación y regulación. La motivación y la emoción están íntimamente vinculadas y son interdependientes, pero son definidos como constructos diferentes.

La base de los tres módulos del modelo tríadico (1-aproximacion/recompensa, 2- evitacion/emoción, y 3-control/regulación), proporcionan una línea base para el estudio de las respuestas conductuales, sobre todo en los comportamientos típicos de los adolescentes como son la impulsividad cognitiva, el gusto por el riesgo, la intensidad y labilidad emocional, y la reorientación social. Y la pregunta sería ¿cómo explica el modelo tríadico estas conductas?

La impulsividad cognitiva, es decir, la incapacidad para demorar la gratificación (Christakou, Brammer y Rubia, 2011; Romer, Duckworth, Sznitman y Park, 2010), y la

búsqueda de riesgos reflejan la combinación de un modelo de recompensa hiperactivado (que sirve para aproximarse a los estímulos o situaciones), combinado con una modulación única del módulo relacionado con la emoción (mayor coste de demora, y la reducción de la evitación de estímulos o situaciones potencialmente negativas), así como una región de control hipoeiciente incapaz de regular la búsqueda de recompensa.

La intensidad y labilidad emocional indican una mala regulación de las respuestas emocionales, un reflejo de la escasa capacidad del módulo de regulación para modular la red emocional. Gran parte del trabajo que realiza se destina a entender la interacción entre la regulación cognitiva y el procesamiento de la información emocional (Pessoa, 2008).

Y por último, la reorientación social representa un cambio en los valores sociales, tanto en términos de magnitud (intensidad afectiva) como en calidad (cambio de lo familiar al grupo de iguales) y puede reflejar una nueva atribución de valores positivos y negativos a los estímulos sociales (Ernst y Hardin, 2009). Este cambio de orientación social es probable que se origine a partir de la interacción de los tres módulos de maduración del modelo tríadico, además de una reorganización de los circuitos neuronales sociales (Blakemore, 2008; Nelson, Leibenluft, McClure y Pine, 2005).

Estas cuatro características del comportamiento adolescente descritas anteriormente (la impulsividad cognitiva, la búsqueda de riesgo, la intensidad y labilidad emocional y la reorientación social), se pueden explicar en la dinámica de un sistema neuronal tríadico, de forma que estos patrones de comportamiento son el resultado de un equilibrio entre los tres módulos con una combinación de maduración de cada uno de ellos único, distinto y en cursos temporales diferenciados.

La naturaleza de este equilibrio depende de la edad, y es específico para una tarea o meta dada (por ejemplo, elegir entre mirar el Facebook o hacer los deberes; entablar una conversación con un amigo o abandonar la habitación). Sin embargo, este equilibrio entre los módulos está afectado tanto por factores transitorios como factores estables. Los factores transitorios incluyen el estado mental individual (por ejemplo, estar deprimido o estresado), el estado físico (por

ejemplo tomar drogas), o el contexto (la escuela, el hogar). Y los factores estables incluyen rasgos individuales psicológicos (por ejemplo, temperamento inhibido), el nivel de madurez (edad, la pubertad), genética y experiencias pasadas (privación temprana de estímulos) y el género. Todos estos factores son fundamentales ya que contribuyen a la gran variabilidad interindividual en las respuestas comportamentales.

Las regiones neuronales específicas para el modelo incluyen el estriado por su papel clave en la recompensa, la aproximación y los hábitos comportamentales (Di Chiara y Bassareo, 2007; Kringelbach, 2005; Wise, 2004); la amígdala por su participación en la emoción, la amenaza y el procesamiento de la información social (Davis, 2006; LeDoux, 2000; Pine, 2007; Rauch, Shin y Wright, 2003); y el córtex prefrontal (PFC), que modula los procesos afectivos y cognitivos (Amodio y Frith, 2006; Aron, Robbins y Poldrack, 2004; Bush, Luu y Posner, 2000; Carter y van Veen, 2007; Ridderinkhof, van den Wildenberg, Segalowitz y Carter, 2004).

El módulo de aproximación se refiere al sistema neuronal relacionado con la recompensa. Este sistema neuronal comprende estructuras subcorticales y corticales que son los principales lugares de acción de la dopamina, e incluyen principalmente al estriado (núcleo caudado, putamen, y el núcleo accumbens) y las cortezas prefrontales mediales y orbitales (Jensen et al., 2003; Kringelbach, 2005). Conductualmente, los procesos motivacionales siguen una trayectoria evolutiva curvilínea, de forma que aparecen los picos de sensibilidad a la recompensa en la adolescencia en contextos de valencia positiva (Ernst y Spear, 2009). Sin embargo, en otros contextos como en los contextos negativos, se ha encontrado que el estriado es menos sensible en los adolescentes que en los adultos (Bjork, Smith, Chen y Hommer, 2010; Bjork et al., 2004).

El módulo de la evitación se refiere al sistema neuronal relacionado con las emociones. Aunque este sistema está implicado tanto en las emociones positivas como en las negativas (LeDoux, 2000). Este módulo incluye las regiones neuronales de la amígdala, el hipocampo y la ínsula, que se asocian de forma consistente con la respuesta a estímulos aversivos (Hardin, Pine y Ernst, 2009; Rauch et al., 2003). Conductualmente, los procesos emocionales también parecen seguir una trayectoria curvilínea, donde se muestra un pico de intensidad y labilidad emocional durante la adolescencia, sobre todo en contextos de valencia negativa (Arnett, 1999; Larson,

Moneta, Richards y Wilson, 2002; Silk, Steinberg y Morris, 2003; Weinstein, Mermelstein, Hankin, Hedeker y Flay, 2007). Sin embargo en contexto de valencia negativa, la amígdala puede ser menos sensible en los adolescentes que en los adultos (Ernst et al., 2005).

El modulo del control se refiere a los procesos de regulación que modulan la función subcortical (es decir, los sistemas de aproximación/evitación), a través de una regulación cognitiva “arriba-abajo”. Este módulo se basa en estructuras prefrontales corticales que realizan funciones específicas como la inhibición (Cortex prefrontal inferior derecha) (Aron et al., 2004; Chikazoe, Konishi, Asari, Jimura y Miyashita, 2007; Liddle, Kiehl y Smith, 2001), memoria de trabajo y la detección de saliencia cognitiva (cortex prefrontal dorsolateral (Rubia, Hyde, Halari, Giampietro y Smith, 2010), detección de conflicto, monitorización y resolución (cortex cingulado anterior) (Amodio y Frith, 2006; Bush et al., 2000; Carter y van Veen, 2007). Conductualmente, los procesos de madurez regulatoria siguen una trayectoria lineal con la edad (Marsh et al., 2006; Rubia, Smith, Taylor y Brammer, 2007; Rubia et al., 2006).

En el siguiente párrafo haremos un resumen de la activación neurofuncional asociada a la tarea de toma de decisiones. La primera etapa de evaluación/ selección se asocia con una mayor activación del estriado en los adolescentes que en los adultos (Christakou et al., 2011). Sin embargo existen discrepancias en la activación del OFC y el PFC, por ejemplo hay una mayor activación en adultos que en los adolescentes en decisiones de riesgo frente decisiones de no riesgo (Eshel et al., 2007), y una mayor activación en los adolescentes en la toma de decisiones sociales que en adultos (Chein, Albert, O’Brien, Uckert y Steinberg, 2011). Hacen falta más trabajos que resuelvan estos resultados tan contradictorios. Durante la etapa de recibir el feedback, los resultados favorables se han asociado con una mayor activación en el estriado en los adolescentes que en adultos Ernst et al., 2005; Van Leijenhorst et al., 2010), pero una mayor activación en la amígdala en los adultos que en los adolescentes (Ernst et al., 2005).

Criticas al modelo tríadico

Existen varios autores que comienzan a plantear que investigación donde se vincula el sistema tríadico y las diferencias en la toma de comportamientos de riesgo durante la adolescencia y la juventud da resultados inconsistentes, de modo que es necesario que los investigadores comiencen a tener en cuenta la interacción entre el sistema neuronal y las condiciones situacionales (por ejemplo, contexto social). Willoughby (2013), plantea cuatro cuestiones que nos permiten profundizar en este aspecto desde una perspectiva de desarrollo social, donde es importante considerar los factores situacionales.

Primera cuestión; ¿Existe un gran aumento de la mortalidad entre la infancia a la adolescencia? Muchos investigadores (Dahl, 2004), ponen de manifiesto la preocupación por la implicación de conductas de riesgo de los adolescentes, poniendo de relieve el incremento en las tasas de mortalidad de la niñez a la adolescencia (e.g., National Vital Statistics Report, 2012). Esto es importante tenerlo en cuenta, sin embargo la tasa de estudiantes universitarios que sobreviven en Norteamérica es de 99, 96%. Además, las tasas de lesiones no intencionadas y las hospitalizaciones durante la adolescencia son relativamente bajas, y se pueden explicar parcialmente por el aumento de la participación en deportes organizados por los adolescentes (Cheng et al., 2000). Por otra parte, las tasas de mortalidad siguen aumentando entre la adolescencia y la adultez, lo que arroja dudas sobre la afirmación de que los adolescentes son particularmente vulnerables.

Segunda cuestión; ¿Coincide la edad en la que se produce la máxima participación en la toma de riesgos en el mundo real, y las predicciones basadas en el modelo dual del desarrollo cerebral?. La asincronía entre la madurez del estriado (amígdala y los sistemas de regulación es más pronunciada en la adolescencia media, y por lo tanto ello nos conduciría a esperar que la toma de riesgos alcanzara su punto máximo en la adolescencia media (Steinberg, 2008). Sin embargo, esta hipótesis no cuenta con un apoyo empírico en base a datos longitudinales que examinen la asunción de riesgos en el mundo real. Los adolescentes, como promedio, se involucran en niveles bajos de comportamiento de riesgo (por ejemplo, consumo de alcohol, uso de marihuana...) y la participación en estos comportamientos tiende a aumentar linealmente a

medida que transcurre el tiempo en lugar de alcanzar un pico máximo en la adolescencia media (Hooshmand, Willoughby y Good, 2012). En cambio, el pico de activación de la participación en la asunción de riesgos se produce cuando las personas alcanzan los 20 años de edad (O'Malley y Johnston, 2002). Estos resultados ponen en duda la especificidad de la adolescencia como un periodo en el que se acentúan los comportamientos de riesgo, y ponen de relieve la importancia de comprender mejor el efecto del contexto social como limitador o facilitador de un comportamiento de riesgo a lo largo de la vida.

Por otra parte, Ernst (2014) afirma que la adolescencia representa un periodo evolutivo de “especial vulnerabilidad a los problemas mentales”. Sin embargo, aunque la adolescencia puede representar un periodo de mayor riesgo para la aparición de trastornos mentales (Costello et al., 2002), la prevalencia de muchos trastornos mentales se mantiene o incrementa en algunos casos en la adultez (Kessler et al., 2005). Los adultos tienen tasas más altas en muchos trastornos psiquiátricos que los adolescentes, incluidos los trastornos del estado de ánimo (Statistics Canada, 2013), esquizofrenia (Goeree et al., 2005) y las muertes por suicidio (Nock et al., 2008). Por lo tanto, la hipótesis basada en el modelo dual de que los adolescentes tienen una vulnerabilidad mayor para la asunción de riesgos y el padecimiento de problemas mentales parece no ser coherente con la frecuencia de estos problemas a lo largo de la vida.

Tercera cuestión; ¿La toma de riesgos se realiza necesariamente de forma impulsiva? El modelo dual supone que la toma de riesgos en la adolescencia se realiza de forma impulsiva. Sin embargo, algunos autores sostienen que la toma de riesgos no siempre es impulsiva o no regulada, sino que podría planificarse en función de ciertos contextos (ver Reyna y Farley, 2006). Los adolescentes pueden participar de forma deliberada en conductas riesgo con el fin de obtener recompensas sociales a pesar de la aversión al riesgo. Por ejemplo, el consumo de alcohol puede resultar una poderosa recompensa social para los adolescentes, por ejemplo, facilitando la inhibición social y promover la aceptación del grupo de iguales, de modo que los individuos podrían establecer mecanismos de autocontrol que les permita conseguir el doble objetivo de “superar” un disgusto por haber tomado demasiadas bebidas alcohólicas y al mismo tiempo obtener las recompensas sociales (Rawn y Vohs, 2011). Por lo tanto, los adolescentes pueden deliberadamente asumir riesgos para obtener beneficios.

Cuarta cuestión; ¿Qué diferencia la toma de riesgos de los adolescentes de la de los adultos? Los adultos, al igual que los adolescentes, se involucran en conductas de riesgo (por ejemplo, juegos de azar, infidelidad, consumo excesivo de alcohol, comer en exceso Cano y O’Leary, 2000; Foster, Clark, Holstad, y Burgess, 2012). La asunción del modelo dual de que la aproximación/evitación y los sistema de control gobiernan el comportamiento motivado es consistente con los modelos de procesamiento dual de la toma de decisiones de los adultos (e.g., Hofmann, Friese, y Strack, 2009; Kahneman, 2011), en los cuales se postula que existe un sistema rápido, intuitivo y automático (“sistema 1”) y un sistema de control reflexivo y lento (“sistema 2”) de forma que los comportamientos directos se explican en diferentes grados por las características individuales (por ejemplo, si la persona tiene un alto rasgo de autocontrol) y las condiciones situacionales. Friese, Hofmann, y Wanke (2008) sugieren, por ejemplo, que el sistema 1 tiende a controlar el comportamiento bajo condiciones en las que la fuerza de voluntad o los recursos de autocontrol se han agotado. Es probable, sin embargo, que los factores situacionales que afectan al agotamiento del autocontrol podrían diferir entre adolescentes y adultos. Por ejemplo, la presencia de los iguales puede agotar la fuerza de voluntad de los adolescentes en mayor medida que en los adultos (Gardner y Steinberg, 2005), pero pueden haber otras situaciones que agoten la fuerza de voluntad de los adultos. De hecho, las diferencias de edad en la toma de riesgos entre adolescentes y adultos pueden deberse en menor medida a la asincronía en el desarrollo madurativo del cerebro y los factores situacionales podrían jugar un papel que resulte lo suficientemente tentador o gratificante.

En resumen, parece necesario y fundamental que se realicen nuevos estudios en los que se examine la asociación entre los sistemas neuronales y el comportamiento de riesgo modulado por los factores situacionales, y las características individuales. Y lo ideal sería que estos estudios fuesen de corte longitudinal a largo plazo que incluya una muestra variada a lo largo de la vida.

1.4. EL CEREBRO SOCIAL: HACIA UN MODELO COMPREHENSIVO DE LAS DECISIONES DE RIESGO.

Sabemos que el ser humano es un ser eminentemente social, que cuenta con un repertorio de habilidades sociales, que rápida y automáticamente detecta la presencia de otro ser humano en el ambiente, que le permitan realizar una serie de inferencias sobre sus emociones, creencias y la durabilidad de estas características, para finalmente utilizar este conocimiento en la gestión de las interacciones sociales con sus congéneres (Frith y Fritch, 2008, 2010).

En las últimas dos décadas se ha avanzado de manera significativa en la comprensión de las bases neuronales implicadas en las habilidades sociales, y así poder conocer cómo se activan en el cerebro las diversas funciones que facilitan a los seres humanos entenderse e interactuar entre ellos. Estas funciones incluyen el reconocimiento de caras y gestos corporales, la evaluación sobre lo que está pensando o sintiendo otra persona, la predicción de lo que esa persona está a punto de hacer a continuación y la comunicación con la persona (Blakemore, 2008).

Gracias a la implementación de técnicas no invasivas de neuroimagen funcional (fMRI) se han comenzado a desarrollar estudios centrados en descubrir como son los correlatos neuronales funcionales de la cognición social a lo largo del ciclo evolutivo. Al grupo de regiones cerebrales implicadas en la cognición social se le ha denominado como el “Cerebro Social” (Brothers, 1990; Frith, 2007). Según Burnett (2011), el cerebro social incluye las siguientes áreas; Área fusiforme de reconocimiento de caras (FFA), surco temporal posterior superior (pSTS), amígdala, Temporo-parietal funcional (TPJ), anterior rostral medial prefrontal córtex (MPFC), el córtex anterior cingulado y el córtex anterior temporal.

Estudios de fMRI muestran diferencias entre adolescentes y jóvenes en el patrón de actividad de estas regiones, y más recientemente en sus patrones de conectividad funcional. Por otro lado, los estudios de RMI anatómicos indican una continuidad en el desarrollo estructural del cerebro a lo largo de la adolescencia, incluyendo ciertas regiones del cerebro social.

¿Qué es la teoría de la mente (TOM)?

Uno de los componentes esenciales en la interacción de los seres humanos es lo que se ha venido a denominar como la Teoría de la Mente (ToM). La Teoría de la Mente se refiere a la capacidad de atribuir estados mentales a sí mismo y a los demás, incluyendo los conocimientos, las creencias y las intenciones (Premack y Woodruff, 1978), así como los sentimientos (Shamay-Tsoory et al., 2005). Seguramente el sistema ToM lleva a cabo un proceso multidimensional, que requiere de la integración de varios componentes (Amodio y Frith, 2006).

El término “teoría de la mente” fue introducido en un estudio sobre la capacidad de los chimpancés para entender las intenciones de los seres humanos (Premack y Woodruff, 1978). Dicho término no debe ser entendido literalmente, puesto que no se refiere a una teoría filosófica sobre los contenidos de la mente. En realidad, Premack y Woodruff indican que un individuo tiene una teoría de la mente si es capaz de atribuir estados mentales a sí mismo o a otros individuos de su especie o de otra diferente. En su experimento, estos autores utilizaron un chimpancé hembra de su laboratorio (llamada Sarah), habituada a los seres humanos, y le hicieron ver un vídeo que mostraba a una persona encerrada en una jaula, intentando coger unos plátanos que estaban fuera de su alcance (colgados en el techo o sobre el suelo fuera de la jaula). La persona disponía de instrumentos para alcanzar los plátanos (como un banco en el que subirse o un palo manipulable a través de los barrotes). En el momento en que la persona iniciaba la acción instrumental directa que podía llevarle a su meta, los experimentadores detenían la imagen y mostraban al chimpancé dos fotografías, una de ellas con la solución correcta (por ejemplo, la persona asiendo el palo y sacándolo entre las rejas para acceder a las frutas). La mona Sarah eligió la respuesta correcta la mayoría de las veces. En su artículo, los investigadores discuten diversas interpretaciones de la conducta de la mona para finalmente aceptar que, de algún modo, ésta era capaz de atribuir a la persona ciertos estados mentales como la intención y el conocimiento. En concreto, argumentan que el chimpancé reconoce la grabación como un problema, entiende el propósito del actor y elige la alternativa compatible con ese propósito.

Años después, el término de teoría de la mente fue adoptado por la psicología del desarrollo para describir el desarrollo ontogenético de las representaciones mentales en niños y

adolescentes (Leslie, 1987). Este concepto también es conocido como mentalización además de por su nombre en inglés: theory of mind (ToM) o mentalizing. Se refiere a la capacidad para representar estados mentales (propios o ajenos) tales como intenciones, creencias, deseos o conocimientos. Esta habilidad resulta esencial para lograr una interacción social exitosa, ya que cooperar y competir con los congéneres requiere en cierto modo explorar, anticipar y manipular el comportamiento ajeno.

Es preciso indicar que las interacciones sociales se ven influidas por aspectos como la percepción de señales sociales, la motivación, las emociones, la atención, la memoria o la toma de decisiones, por lo que la teoría de la mente es solo una parte de la cognición social (Brothers, 1990; Adolphs, 2001), que ha sido definida como aquella forma de procesamiento que culmina en la percepción precisa de las disposiciones e intenciones de otros individuos.

Aunque diversas especies pueden predecir adecuadamente los objetivos del comportamiento de los miembros de su especie, parece que solamente los humanos y algunos primates pueden separar su propia perspectiva mental de la de otros (Emery, 2005). Dentro de estos primates hay que destacar a los chimpancés, por su cercanía al hombre y por la importancia que tuvieron en la creación de la línea de investigación dedicada a la teoría de la mente. Más de treinta años después de que Premack y Woodruff se preguntaran si los chimpancés tenían una teoría de la mente, los resultados parecen indicar que así es. Probablemente no sea equiparable a la de los seres humanos, porque, por ejemplo, pese a haberse intentado, no se ha demostrado que puedan darse cuenta de que alguien tiene falsas creencias; sin embargo se ha comprobado que pueden entender las metas, las intenciones, las percepciones y los conocimientos de otros individuos (Call y Tomasello, 2008).

Modelos explicativos de la TOM

La teoría de la mente es una función cognitiva compleja que requiere la integración de información de diferentes fuentes. Se han propuesto dos teorías para explicar los procesos psicológicos subyacentes. En primer lugar, la llamada Teoría (Theory Theory o TT) supone que

existe un conjunto de leyes causales que, relacionando estímulos externos, estados internos (como percepciones, deseos, creencias) y comportamientos, se utilizan para construir teorías sobre los estados mentales de otros (Carruthers y Smith, 1996). Así, los individuos conseguirían leer la mente de otros mediante la adquisición y el despliegue de una teoría sobre la mente, algo similar a una teoría científica. Los estados mentales atribuidos a otras personas se conciben como postulados teóricos no observables, invocados para explicar y predecir el comportamiento de la misma manera que los físicos recurren a las partículas subatómicas para predecir y explicar fenómenos observables. De acuerdo a la TT, atribuir estados mentales particulares a los otros surge de un razonamiento teórico que implica un conocimiento tácito de leyes causales.

Por otra parte, la Teoría de la Simulación (Simulation Theory o ST) postula que para captar los estados mentales de otros éstos han de ser simulados, lo que implica que habría que situarse en el lugar del otro (Gallese y Goldman, 1998; Ramnani y Miall, 2004). De acuerdo con esta simulación, no sería necesario conocer o utilizar leyes psicológicas, siendo por tanto una explicación más sencilla de la ToM. Por otra parte, se ha propuesto que en el proceso de simulación podrían estar implicadas las neuronas espejo (Gallese y Goldman, 1998). En efecto, la actividad de estas neuronas parece ser una manera natural de conseguir que el observador se ponga en el lugar del sujeto observado, precisamente lo que la teoría de la simulación conjetura que tiene que hacer para comprender sus estados mentales. En cualquier caso, la TT y la ST no tienen por qué ser exclusivas: por ejemplo, cuando no se pudiera realizar una simulación podría utilizarse la TT, que tiene más demanda cognitiva.

Un modelo reciente de Shamay-Tsoory et al., (2010), distingue dos subprocesos en la ToM, uno es el proceso afectivo y otro es el proceso cognitivo. Cuando se habla de la ToM cognitiva se refiere a la capacidad para hacer inferencias sobre las creencias y motivaciones, mientras que cuando se habla de la ToM afectiva se refiere a la capacidad de inferir cómo se siente una persona. Según este modelo, la ToM cognitiva es un prerequisite para la ToM afectiva, pero la ToM cognitiva también requiere de un desarrollo de habilidades empáticas (una capacidad para compartir y entender los estados emocionales de los demás, Singer et al., 2009).

Estudios con fMRI sobre la ToM

Los estudios que exploran las bases neuronales de la ToM han identificado una red de regiones que comúnmente se coactivan cuando a los participantes se les preguntan sobre sus estados mentales como los de los otros, donde se incluyen el posterior superior temporal sulcus con la región funcional Temporoparietal (TPJ), polos temporales, precuneus y el cortex prefrontal medial (mPFC) (Frith, 2007).

Las evidencias que existen respecto al papel del vmPFC en la ToM afectiva no son consistentes. Kramer et al. (2009), encontró activación en el vmPFC (TAL -3 38 -9) usando caricaturas que representaban escenarios sociales neutros frente a escenarios emocionales. La simple visión de un escenario social (dos personas) frente a una persona sola activa la típica red de la ToM (incluyendo región más dorsales de mPFC), pero no activa el vmPFC.

En otro estudio Völlm y colegas compararon la respuesta neuronal con dibujos animados donde se requería la ToM cognitiva (entender las intenciones) frente a dibujos animados que requerían empatía (Völlm et al., 2006). En el análisis de conjunción mostraron que ambas tareas activaban la red ToM. La condición de empatía activaba en mayor medida el mPFC (BA 10) que en la condición de ToM cognitiva; sin embargo, el pico de esta activación se ubicó en la parte dorsal del BA 10 (TAL: 9 53 14) y como tal, no puede ser considerada como vmPFC.

Definición anatómica del sistema de mentalización

Junto a los estudios ya mencionados, una importante cantidad de investigaciones han tratado de identificar las bases neurobiológicas de la teoría de la mente, lo que ha desembocado en la definición anatómica del sistema de mentalización. Este sistema de mentalización contiene al precuneus, la juntura temporoparietal y la corteza prefrontal medial, aunque, como se ha indicado, también existen otras estructuras anatómicas que en menor medida se han relacionado con la teoría de la mente (Van Overwalle y Baetens, 2009).

El precuneus, localizado en el lóbulo parietal superior (BA 7), es activado durante tareas que implican imaginación visuoespacial o recuperación de información episódica (Cavanna y Trimble, 2006). Tradicionalmente esta área ha recibido poca atención, sobre todo porque su localización anatómica hace que sea difícil de estudiar y no se han realizado estudios de lesiones focales. Sus funciones en los procesos de mentalización todavía no están suficientemente claras, si bien suele verse implicado en todas las tareas de mentalización (salvo en las que suponen la observación de figuras geométricas) y se ha propuesto que el sistema de mentalización se vale de él para obtener información contextual (Van Overwalle y Baetens, 2009).

Pese a que la definición anatómica de la unión temporoparietal no es trivial (Redcay et al., 2010), se puede considerar que contiene al giro supramarginal y partes caudales del giro temporal superior (Decety y Lamm, 2007). Los daños de esta área cortical pueden producir una variedad de trastornos asociados con el conocimiento del cuerpo y la conciencia de sí mismo (Berlucchi y Aglioti, 1997), como anosognosia (es decir, el desconocimiento de la enfermedad), asomatognosia (es decir, la pérdida de la conciencia de una parte o de la totalidad del cuerpo), o somatoparafrenia (creencias delirantes acerca del cuerpo). Parece ser un elemento crucial para la representación de metas e intenciones dentro del sistema de mentalización (Saxe y Powell, 2006), aunque también parece tener otras funciones no relacionadas con la teoría de la mente en algunos procesos atencionales (Mitchell, 2008). También se ha mostrado que la interacción contingente entre dos personas (en el sentido de que las respuestas de cada una dependen de las de la otra) puede ser suficiente para reclutar la TPJ derecha (Redcay et al., 2010).

El mPFC es parte de la corteza frontal, por lo que está relacionado con la determinación de la conducta futura. Más específicamente, está implicado determinar el comportamiento a partir del valor que se anticipa de las posibles acciones a realizar, y es el área más típica del sistema de mentalización (Amodio y Frith, 2006), mencionada desde el primer estudio en esta línea (Goel, Grafman, Sadato y Hallett, 1995). Por lo que respecta al papel que juega dicho sistema, parece que está implicado en el razonamiento reflexivo sobre acciones y juicios, incluyendo objetivos e intenciones (Van Overwalle y Baetens, 2009).

Desarrollo de la capacidad de mentalización durante la adolescencia

Estudios evolutivos con fMRI sugieren que los substratos neuronales de la ToM continúan desarrollándose durante la adolescencia, mucho después de que los niños son capaces de realizar tareas complejas de ToM afectiva y cognitiva. Por ejemplo, en un meta-análisis Blakemore (2008) encontró que los adolescentes activan en mayor medida el mPFC (BA 10) en varias tareas que requerían la inferencia sobre estados mentales: tanto en la ToM cognitiva, por ejemplo, entender las intenciones (Blakemore et al., 2007), como en la ToM afectiva, por ejemplo la comprensión de la ironía (Wang, et al., 2006) y entender las emociones sociales (Burnett et al., 2009).

Aunque no hay evidencias claras de que la realización de tareas de mentalización cambie durante la adolescencia, hay estudios de fMRI sobre la atribución de estados mentales que muestran que la actividad del córtex frontal decrece entre la adolescencia y la adultez. Un estudio de fMRI ha investigado el desarrollo de nuestra capacidad para percibir intencionalidad comunicativa, usando una tarea en la cual los participantes tenían que decidir si un orador estaba siendo sincero o irónico (Wang, et al., 2006). Entender la ironía requiere la capacidad para separar el significado literal de un comentario del significado que se pretendía. En niños y adolescentes (edad 9 – 14 años), el mPFC y Giro frontal inferior izquierdo están más activados durante esta tarea que los adultos (23- 33 años). Los autores interpretan el incremento de la actividad del mPFC en los adolescentes como un reflejo de la necesidad de resolver la discrepancia entre el significado literal y el intencionado que remarca una ironía. La región del mPFC que está más activada en adolescentes que en adultos (Montreal Neurological Institute (MNI) coordenadas -8, 58, 20), al igual que la región dorsal mPFC es el área en la cual la actividad correlaciona negativamente con la edad sobre la totalidad del grupo de participantes (MNI coordenadas -2, 44, 32), siendo un área que se encuentra consistentemente activada en tareas de mentalización en adultos (Amodio et al. 2006 y Gilber et al. 2006).

Una región similar al dorsal mPFC se encontró más activada en adolescentes que adultos en un estudio de fMRI que implicaba pensar sobre las intenciones de uno mismo (Blakemore, 2007). Adolescentes (12-18) y adultos (22-38) se les presentaron escenarios con causalidad

intencional (incluyen las intenciones y las acciones consecuentes) o causalidad física (incluyen eventos naturales y sus consecuencias). En ambos grupos, la causalidad intencional activaba la clásica red neuronal de mentalización que incluye el mPFC, los polos temporales y el pSTS/TPJ. Sin embargo, la causalidad intencional activaba el dorsal mPFC (MNI coordenadas 12, 42, 21) más en adolescentes que en adultos. Un clúster de activación en la misma región (coordenadas MNI 15, 45, 18) correlaciono negativamente con la edad sobre la totalidad del grupo de participantes. Por el contrario, una región en el STS derecho está más activado en la causalidad intencional en adultos que en adolescentes. Estos resultados sugieren que las pautas neurológicas para pensar sobre las intenciones cambian de la adolescencia a la adultez. Aunque se activa la misma red neuronal, el papel relativo de las diferentes áreas cambia con la edad, con actividad que se desplaza desde las regiones anteriores (mPFC) hacia regiones posteriores (STS)

En el estudio de la causalidad intencional descrito anteriormente, los escenarios se referían al self (uno mismo) preguntando a los participantes sobre sus hipotéticas intenciones. En otro estudio evolutivo, Pfeifer (2007), se focalizo en el procesamiento de las frases auto-relacionadas. Niños (9,5 - 10,8 años) y adultos (23 – 31,7 años) leían frases sobre habilidades académicas y competencias sociales. En la condición “self”, a los participantes se les preguntaba que indicaran cual de las frases era más precisa describiendo a ellos mismos. En la condición “otros”, se les pidió que indicaran si las frases describían con precisión una persona ficticia-familiar (Harry Potter). El mPFC (coordenadas MNI -16, 54, 24 y -10, 54, 14) y el ACC (coordenadas MNI -12, 42, 2) estaban más activados en niños que en adultos durante la condición de auto- conocimiento en relación al conocimiento del otro. Los autores sugieren que, en comparación con los adultos, los adolescentes podrían confiar más en un procesamiento on line auto reflexivo que realizan en el mPFC.

En otro estudio de mentalización, los participantes de 9 a 16 años, eran escaneados durante una tarea de mentalización basada en animaciones (Moriguchi, 2007). La edad correlacionaba positivamente con actividad en el dorsal mPFC (coordenadas Talairach -6, 57, 14) y negativamente con actividad en el ventral mPFC (coordenadas Talairach 10, 43, 0). Los investigadores sugieren que esto podría reflejar cambios en la estrategia, desde una simulación en niños (basado en el self, e implicando el ventral mPFC) hacia una estrategia más objetiva en

adultos (implicando el dorsal mPFC). El cambio evolutivo en la activación del dorsal mPFC reportado en este estudio parece contradecir los estudios de mentalización descritos anteriormente. Sin embargo, esta tarea es diferente a las otras tareas de mentalización ya que es una tarea no verbal, y la atribución de estados mentales a las formas en las animaciones es ilusoria y subjetiva. Además, los participantes más adultos en este estudio tienen 16 años, y no se sabe cómo es la actividad del dorsal mPFC durante su participación en los cambios de tareas de animación después de esta edad. Porque no incluye un grupo de adultos para compararlos, así que no se puede descartar que la actividad en esta región decrezca entre los 16 años y la adultez. Como puede apreciarse no se han llevado a cabo estudios sobre teoría de la mente en tareas de decisiones de riesgo en contextos sociales como va a ser el caso de la presente tesis.

1.5. HACIA UN NUEVO PARADIGMA EXPERIMENTAL MÁS NATURALISTA

Todo lo revisado hasta este punto indica la necesidad de ampliar el horizonte de investigación hacia nuevos paradigmas experimentales que permitan una visión más comprensiva de las decisiones de riesgo en la adolescencia. En este último apartado nos haremos eco de dos tipos de estudios y reflexiones que, a nuestro juicio, han fundamentado el estudio de esta tesis. Nos referimos al contraste entre condiciones de riesgo y ambiguas, estas segundas como elementos de control de las primeras, y al uso de tareas naturalistas de toma de decisiones que simulen situaciones de la vida real en contextos sociales.

Activación neuronal en las decisiones de riesgo y las decisiones ambiguas

Los estudios de neuroimagen de toma de decisiones normalmente comparan las decisiones tomadas bajo condiciones de incertidumbre con decisiones tomadas bajo condiciones de certidumbre, para conocer los substratos neuronales que hay implicados. Según Bechara y sus colegas (2005), las decisiones tomadas bajo condiciones de incertidumbre se pueden dividir entre decisiones que implican riesgo y las decisiones que implican ambigüedad. En las decisiones de riesgo, la probabilidad de cada resultado se conoce, y los participantes deben decidir entre una opción segura y una opción arriesgada. Decisiones seguras tienen una alta probabilidad de ganar

un premio, pero la recompensa es relativamente baja en valor. Por el contrario las opciones de riesgo tienen una probabilidad baja de ganar un premio, pero la recompensa es considerablemente más alta. Dos ejemplos de las tareas más comunes que utilizan las decisiones que implican riesgo son la Iowa Gambling Task (Bechara et al., 1994, 1996) y la Cambridge Risk Task (Rogers et al., 1999).

Las decisiones que implican ambigüedad son distintas a las decisiones que implican riesgo en dos cuestiones. En primer lugar, en las decisiones ambiguas la probabilidad de un resultado específico es desconocido o poco predecible. En segundo lugar, las dos opciones no difieren en el valor de la recompensa, por ejemplo, en la tarea de predicción de dos alternativas, el participante elige en qué lado de la casa aparecerá el coche (Paulus, 1997). La probabilidad de que el coche aparezca en el lado izquierdo de la casa es idéntica a la de que aparezca en el lado derecho, y no hay un riesgo asociado con la elección de un lado u otro.

Si bien es posible, que las decisiones arriesgadas y ambiguas estén trabajando bajo los mismos mecanismos neuronales, ya que ambos requieren una elección sin el conocimiento seguro del resultado, igualmente también es posible que existan diferentes circuitos neuronales que puedan apoyar estas dos formas cualitativamente diferentes de tomar decisiones. Krain et al. (2006), hizo un meta-análisis de la activación neuronal implicada en la toma de decisiones de riesgo y ambiguas, donde encuentra que en ambos procesos se muestran alta probabilidad de encontrar activaciones significativas en las regiones frontal y parietal, tálamo y caudado.

La toma de decisiones ambigua está asociada claramente con actividad bilateral en el DLPFC, mientras que no aparecen evidencias de la implicación del OFC en la toma de decisiones ambiguas. Otras áreas con una elevada probabilidad de actividad frontal se observaron en las regiones dorsales y subcallosas del cíngulo anterior córtex (ACC) (BA 32), así como la corteza insular bilateral. Por otro lado, las regiones posteriores también juegan un papel importante para comprender la toma de decisiones ambigua. En concreto, hay múltiples zonas de la corteza parietal que muestran una probabilidad significativamente elevada de mostrarse actividad, incluyendo al Precuneus (BA 7), el lóbulo parietal inferior bilateral (BA 40) y el lóbulo parietal superior derecho (BA 7).

La toma de decisiones de riesgo se asoció con actividad bilateral en el OFC, centrado en el BA 10. Krain et al. (2006), destacó que mientras que los clusters de actividad se encontraron en el hemisferio derecho, la activación más extensa se halló en el hemisferio izquierdo, con un clúster de 1871 voxels que se extendía desde el giro frontal medio (BA 10), pasando por el Caudado a través de la Corteza Insular y porciones rostrales del ACC (Ba 8/9). Por lo tanto, en general, las áreas implicadas en la toma de decisiones de riesgo parecen depender principalmente de las cortezas orbitofrontales y frontal medial. También se ha encontrado activación significativa en las regiones parietales, pero son diferentes a las encontradas en las decisiones ambiguas, ya que las decisiones de riesgo se asocian con actividad con el lóbulo parietal inferior izquierdo (BA 40) y las áreas laterales del lóbulo parietal superior bilateral (BA 7). Otras áreas implicadas son el caudado izquierdo, corteza occipital bilateral, y el giro temporal medio (BA 21).

Las comparaciones estadísticas directas entre la toma de decisiones de riesgo frente a las decisiones ambiguas, realizadas en el metaanálisis de Krain et al. (2006) revelan diferencias significativas entre la toma de decisiones de riesgo y las ambiguas en regiones frontales, incluyendo OFC, DLPFC y ACC. En primer lugar, la comparación riesgo > ambigüedad revela una gran probabilidad de encontrar activación significativa en OFC, mientras que la comparación Ambigüedad > Riesgo revela una gran probabilidad de activación del DLPFC. En segundo lugar, las comparaciones están divididas funcionalmente en la región medial. Más específicamente en la región dorsal del ACC, de manera que la comparación ambigüedad > riesgo mostraba una mayor probabilidad de activación en las regiones caudales (BA 32), mientras que el riesgo > ambigüedad mostraba más activación rostral (BA 8). Además encontraron una actividad añadida en la porción subcallosa del BA 24 en el contraste ambigüedad > riesgo. Finalmente en la comparación directa se verificó que presencia de una disociación funcional en el cortex parietal, de manera que se mostraba una gran probabilidad de activación las regiones parietales superiores bilaterales para el contraste riesgo > ambigüedad, y el precuneos para el contraste ambigüedad > riesgo. La actividad del parietal inferior fue mayor en el hemisferio izquierdo para el contraste riesgo > ambigüedad y mayor en el hemisferio derecho para ambigüedad > riesgo.

Todos estos resultados proporcionan evidencia de la disociación de los circuitos neuronales que están subyacentes en la toma de decisiones arriesgadas frente a las ambiguas, lo que resulta importante a tener en cuenta para el diseño de tarea que llevaremos a cabo en esta tesis.

La necesidad de utilizar un paradigma de situaciones reales frente al juego

Desde sus inicios, la toma de decisiones en situaciones de riesgo e incertidumbre ha sido uno de los temas centrales en la investigación de la teoría decisional. La gran mayoría de los experimentos realizados sobre la toma de decisiones en situaciones de riesgo han utilizado paradigmas de loterías (juego o apuestas). Sin embargo, a pesar de las ventajas innegables de las loterías en un experimento (control del experimentador sobre los resultados, probabilidades, etc) existe una preocupación creciente sobre la relevancia de estos resultados para las decisiones naturales y su aplicabilidad a la vida diaria.

Huber, Wider y Huber (1997), plantean tres características que diferencian las tareas de lotería o de juego y las tareas de riesgo naturalistas, según la estructura de la tarea, el conocimiento previo de quien toma la decisión y el tema del control.

1. En un experimento estándar, el experimentador estructura la tarea para la toma de decisiones; que alternativas están disponibles, que eventos son relevantes, los resultados que podrían obtenerse. Así, la estructura que está imponiendo el experimentador podría influir en la elección. En contraste, en una situación de decisión natural de toma de decisiones, quien toma la decisión desarrolla su propia estructura, la cual es a menudo una tarea demandante.
2. En un experimento de juego estándar, el conocimiento previo de quien toma la decisión no es relevante. Estos experimentos se diseñan generalmente para evitar la toma de decisiones realizadas teniendo en cuenta el bagaje experiencial del individuo. Por el contrario, el conocimiento previo juega un papel importante en las tareas naturalistas, por ejemplo, el saber qué alternativas existen, cuales son las consecuencias que tienen, puede

evitar un resultado negativo. Ver el conocimiento previo como una variable extraña indeseable ignora el hecho de que el conocimiento previo es una fuente de información importante en nuestro pensamiento, razonamiento, resolución de problemas, etc.

3. En un experimento de juego estándar, después de que se ha realizado la elección, quienes toman la decisión no tienen control sobre el resultado. Sin embargo, en muchas situaciones naturalistas, quienes toman la decisión tienen un control parcial o creen ellos tener control. Por ejemplo, si yo decido viajar a una región donde una epidemia está haciendo estragos, tengo la posibilidad de interrumpir la cadena causal entre la infección y la aparición de la enfermedad a través de la vacuna. En algunas situaciones, quien toma la decisión puede tomar precauciones contra las consecuencias negativas, por ejemplo, para salvar los archivos de un ordenador haces una copia de seguridad. Quien toma la decisión, también puede ejercer el control mediante una preparación para el peor de los casos posibles y así saber qué hacer cuando se produzca el resultado negativo.

Hemos analizado los sesgos que pueden acarrear el uso de loterías o juegos. Sin embargo, los estudios que tratan de apresar características del cerebro social con tareas más naturalistas tampoco están exentas de críticas. Según Zaki (2009) existen dos problemas que generan confusión para poder estudiar las bases neuronales interpersonales en el estudio de la atribución de estados mentales y las representaciones compartidas. El primer problema se debe al uso de estímulos o tareas que se apoyan en evidencias indirectas, sin evaluar la comprensión de los estados internos de los participantes. Por ejemplo, los estudios de representaciones compartidas suelen pedir a los participantes que observen e imiten los movimientos de otros, o les hacen experimentar directamente los estados emocionales y observar estos estados en otros individuos, todo ello sin requerir a los participantes alguna evidencia que demuestre que están comprendiendo y sintiendo tales estados.

El segundo problema que tienen los estudios de representaciones compartidas y atribución de estados mentales es que utilizan frecuentemente estímulos simplificados que difieren cualitativamente en el tipo de información social que reciben los perceptores frente a los procesos implicados en las interacciones sociales de la vida real. En cualquier experimento, el

uso de estímulos que solo varían en algunas dimensiones que son manejables para el investigador, es esencial para lograr un control estricto sobre los procesos cognitivos que quieres estudiar. Y el uso de tales estímulos ha permitido un desarrollo importante en la construcción del mapa cerebral de los diferentes procesos sociocognitivos. Sin embargo, el control experimental puede tener un coste, ya que pueden resultar estímulos artificiales que limiten las posibilidades de comprender los procesos psicológicos implicados.

Esto es especialmente importante en el estudio de fenómenos inherentemente complejos como son la cognición social. Por ejemplo, los estudios de neuroimagen de Atribución de estados mentales y representaciones compartidas utilizan estímulos y tareas simples (por ejemplo, la imitación con dedos y movimientos faciales o juicios sobre estados mentales de imágenes), de tal manera que solo involucran a un subconjunto de los posibles procesos implicados.

En suma, tanto en los paradigmas utilizados para evaluar la toma de decisiones en situaciones de riesgo o ambiguas, como en los estudios de atribución de estados mentales y representaciones compartidas, existe un predominio de tareas muy simplificadas en las que se intenta un control absoluto de variables simples pero se descuida la complejidad de los procesos sociocognitivos implicados. Si bien el uso de estas tareas de juego o simplificadas pueden resultar útiles como una forma de evaluar procesos sociocognitivos, no son exactamente extrapolables a las situaciones reales de la vida cotidiana. Un paradigma que utilice contextos situacionales reales añade un componente social que implica una serie de activaciones neuronales diferenciadoras de los paradigmas de juego o de representaciones sociales.

Sin embargo, hasta la fecha no tenemos conocimientos de estudios que hayan utilizado un paradigma de toma de decisiones con situaciones de la vida real (no juego) en fmri, en el que se ponga a prueba las diferencias entre la activación neuronal de la toma de decisiones en contexto de riesgo frente a un contexto ambiguo. Esto es lo que se llevará a cabo en esta tesis.

CAPÍTULO 2. OBJETIVOS, DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA DE RESONANCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL

En este capítulo se explicará el diseño de la tesis, los objetivos generales y objetivos específicos de cada uno de los estudios, y se realizará una exposición detallada del desarrollo de los materiales y métodos empleados para cada uno de los estudios.

2.1. OBJETIVOS

Como se ha revisado en el capítulo anterior se han realizado numerosos estudios sobre la toma de decisiones en riesgo en la adolescencia. Consustancial a todos ellos ha sido su énfasis en analizar el peso relativo de los sistemas de control cognitivo de desarrollo más tardío con los sistemas incentivadores de recompensas como una de las claves que explica el incremento de conductas de riesgo en la adolescencia. La relación entre los sistemas de toma de decisiones y los sistemas de mentalización o teoría de la mente en situaciones naturales no ha sido explorada hasta la fecha. Una posible razón es que la investigación previa se ha basado en tareas de juego para la toma de decisiones con escaso contenido social. Estas aproximaciones se alejan de las interacciones que se dan en el mundo real, lo cual ha llevado a solicitar nuevas investigaciones que utilicen paradigmas más realistas (Zaki y Ochsner, 2009). Esperamos que el uso de material con alto contenido social muestre activaciones neurales similares a las encontradas en los paradigmas de juego (OFC, DLPFC), pero al mismo tiempo esperamos encontrar áreas asociadas al “cerebro social” como es la juntura temporoparietal (TPJ) o precuneos asociadas al sistema de mentalización.

Partiendo de esta demanda, el objetivo general de este trabajo es el estudio de la toma de decisiones en situaciones reales de la vida cotidiana, observando la diferencia entre las situaciones de riesgo y las situaciones ambiguas. Para poder alcanzar los objetivos de esta tesis hemos desarrollado un nuevo paradigma experimental lo que ha supuesto la elaboración de nuevos materiales ecológicamente válidos para los adolescentes, una demostración conductual del funcionamiento del paradigma y, por último, su implementación en un estudio de fMRI. Los objetivos de esta tesis se describen a continuación:

Objetivos conceptuales

- Examinar los correlatos conductuales y neurofuncionales de la toma de decisiones en la adolescencia en situaciones naturalistas de riesgo y ambiguas.
- Analizar la variaciones asociadas con la edad y el género en los patrones conductuales y neurobiológicos en la toma de decisiones de riesgo y ambiguas.

Objetivos metodológicos

- Análisis de situaciones de riesgo y ambiguas en la vida real que puedan constituir un material valioso para la toma de decisiones en contextos sociales.
- Desarrollar un paradigma experimental conductual donde se utilicen las situaciones de la vida cotidiana y puedan producirse tanto toma de decisiones de riesgo como ambiguas.
- Desarrollar un paradigma experimental para el estudio de los correlatos neurofuncionales de la toma de decisiones en situaciones de riesgo y ambiguas.

2.2. DISEÑO DE LA TESIS

La tesis cuenta con tres estudios secuenciados temporalmente que nos permiten examinar r la toma de decisiones de riesgo en situaciones naturales durante la adolescencia y juventud temprana. Esos tres estudios son:

Estudio Normativo: En este estudio se explora e indaga sobre cuáles son las situaciones de riesgo y ambiguas más frecuentes entre los adolescentes y jóvenes, junto con análisis de las posibles cursos de acción más verosímiles para una toma de decisiones, así como un análisis de las consecuencias más representativas para esos cursos de acción.

Estudio conductual: en este estudio se analiza la toma de decisiones (porcentaje de elecciones de riesgo y tiempo de decisión), y la evaluación de las consecuencias (positiva o negativa) a nivel conductual en función de la edad, el género y el feedback presentado. Además de servir como estudio exploratorio, también nos sirve como estudio instrumental para decidir

sobre el paradigma experimental que mejor se comporta con situaciones naturales y así poder trasladarlo al estudio neurofuncional.

Estudio Neurofuncional: En este estudio se analizará la activación neurofuncional asociada a la toma de decisiones de riesgo y ambiguas, así como a las opciones de riesgo o seguras. Las variables dependiente son el porcentaje de elecciones de riesgo, el tiempo de decisión y la señal BOLD (Blood Oxygen Level Dependent). Este estudio se publico en:

Rodrigo, M. J., Padrón, I., de Vega, M. y Ferstl, E. C. (2014). Adolescents' risky decision-making activates neural networks related to social cognition and cognitive control processes. *Frontiers in Human Neuroscience*. 8:60. doi: 10.3389/fnhum.2014.00060

En la Figura 2.1 se presenta un esquema de la secuencia del diseño:

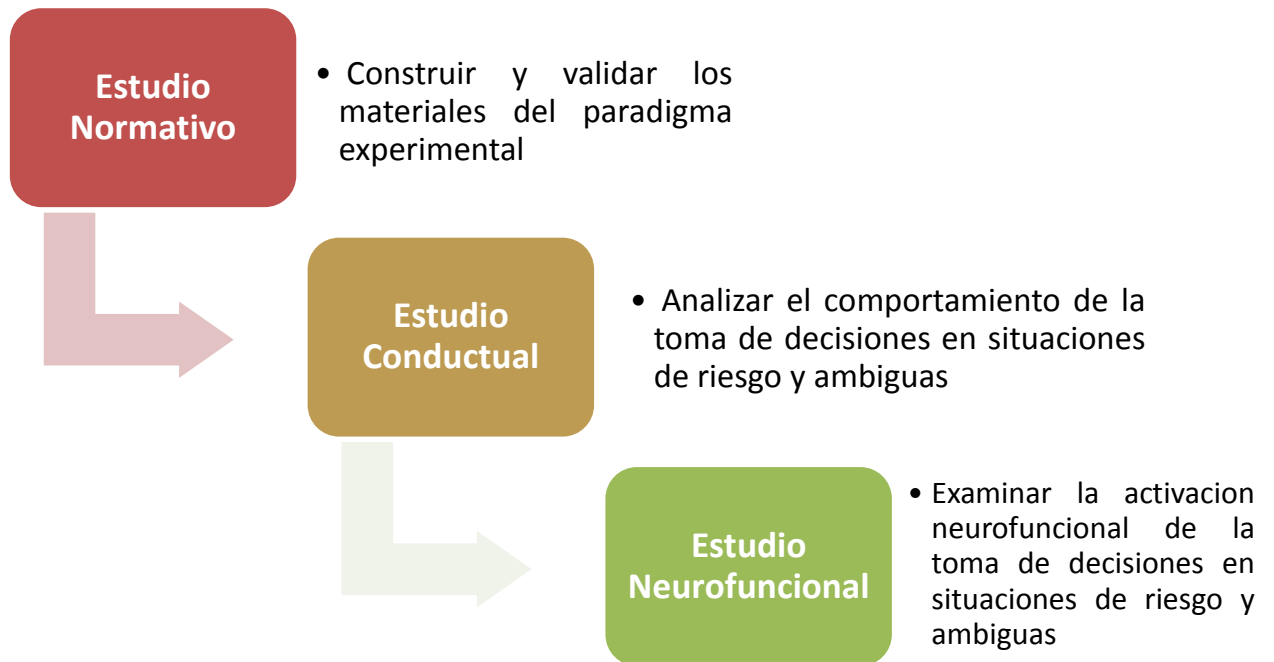


Figura 2.1. Secuencia de estudios realizados en la Tesis

Objetivo del estudio normativo:

Explorar y seleccionar las situaciones naturalistas de toma de decisiones de riesgo y ambiguas más frecuentes e intensas que viven los adolescentes y jóvenes, con el objetivo de construir y validar un material sensible evolutivamente.

- Seleccionar las situaciones naturales más frecuentes
- Seleccionar las consecuencias más discriminativas

Objetivos del estudio conductual:

- Examinar las diferencias conductuales (porcentaje de elecciones de riesgo, tiempo de elección, evaluación de las consecuencias y tiempo de evaluación) en la toma de decisiones de riesgo y ambiguas.
- Analizar las diferencias de género y edad y características de personalidad en los tiempos de reacción y porcentaje de elecciones en la toma de decisiones de riesgo y ambiguas.
- Seleccionar el paradigma experimental más adecuado para poder trasladarlo al estudio neurofuncional.
- Validar la tarea decisional en contextos situacionales (TDCS) a través de una regresión con los constructos del BART (*Balloon Analogue Risk Task*) y las medidas autoreportadas (Búsqueda de sensaciones, Resistencia a la presión de los iguales y Empatía)

Objetivo del estudio fMRI:

- Describir la anatomía neurofuncional implicada en el cerebro de los participantes durante la toma de decisiones ambigua y de riesgo.
- Explorar la relación entre la actividad neurofuncional y variables como edad y sexo.

Los detalles concretos de los aspectos metodológicos del estudio normativo, conductual y neurofuncional se desarrollarán más adelante en los capítulos dedicados exclusivamente a cada uno de ellos.

Por otro lado, como hemos descrito en el marco teórico, la toma de decisiones depende de varios procesos temporal y funcionalmente diferentes (Ernst y Paulus, 2005), y cada uno de ellos implica un análisis y un cuerpo teórico muy diferenciado, así que queremos explicar que, en el estudio neurofuncional, centraremos nuestra atención en el proceso de elección de una acción (el momento en el que toman la decisión), tanto en situaciones de riesgo como en situaciones ambiguas, y hemos descartado el análisis de lo que sucede en el momento de experimentar las consecuencias de sus decisiones, por considerar que se excedían los límites de este trabajo.

2.3. METODOLOGIA DEL ESTUDIO NEUROFUNCIONAL

Debido a la complejidad técnica que conlleva el estudio neurofuncional, se ha considerado oportuno hacer una breve descripción del proceso metodológico que se ha realizado centrada en los siguientes aspectos: a) los fundamentos físicos que subyacen a la obtención de las imágenes por Resonancia Magnética b) el proceso de adquisición de los datos, c) el preprocesamiento de los datos y d) el análisis estadístico de los datos. La técnica principal utilizada en este trabajo es la resonancia magnética funcional (fMRI). Por ello, se incluyen los principios básicos de fMRI necesarios para comprender los análisis llevados a cabo posteriormente, si bien no pretende hacer una descripción exhaustiva puesto que existe suficiente documentación al respecto en la literatura técnica y científica (e.g., Bandettini, 2009; Jezzard 2001; Huettel et al., 2004).

Veamos, para comenzar una imagen del equipo del laboratorio del Servicio de Resonancia Magnética de la Universidad de La Laguna utilizado en el estudio. Las imágenes de resonancia se obtuvieron en el escáner de 3.0 Teslas modelo Signa Excite HD manufacturado por General Electric (Milwaukee, WI, USA) que se muestra en la Figura 2.2.



Figura 2.2. Escáner de resonancia magnética de 3.0 T de la Universidad de La Laguna, fabricado por General Electric.

Fundamentos físicos de la imagen por resonancia magnética

Se llama resonancia al intercambio de energía entre dos sistemas a una determinada frecuencia. La resonancia magnética se refiere a las interacciones energéticas entre protones y ondas electromagnéticas del espectro de radiofrecuencia. Los dos elementos esenciales que componen un sistema de resonancia magnética son un campo magnético de gran intensidad y una señal de radiofrecuencia.

La imagen por resonancia magnética (MRI) se basa en las propiedades de los núcleos de algunos átomos, en particular, los de los átomos de hidrógeno, que contienen un único protón. El término espín (del verbo inglés *to spin*, que significa girar) se refiere al momento intrínseco de rotación de una partícula elemental o de un núcleo atómico. Los protones de los átomos de hidrógeno experimentan de forma natural esta rotación. Además del movimiento de rotación, dichos protones pueden experimentar otro tipo de movimiento llamado precesión (Figura 2.3). La precesión es un cambio en la orientación del eje de rotación de un cuerpo que rota. Un

ejemplo de precesión lo tenemos en el movimiento que realiza un trompo o peonza en rotación. Cuando su eje de rotación no es vertical, el trompo realiza un movimiento de precesión.

Un protón expuesto a un campo magnético externo (en nuestro caso B_0) presenta una precesión con una frecuencia proporcional a la magnitud del campo denominada frecuencia de Larmor (ω_0) conforme a la siguiente fórmula (llamada ecuación de Larmor):

$$\omega_0 = \gamma B_0$$

Aquí γ es una constante dependiente del átomo denominada razón giromagnética, que para el hidrógeno toma el valor de 42.56 MHz/Tesla.

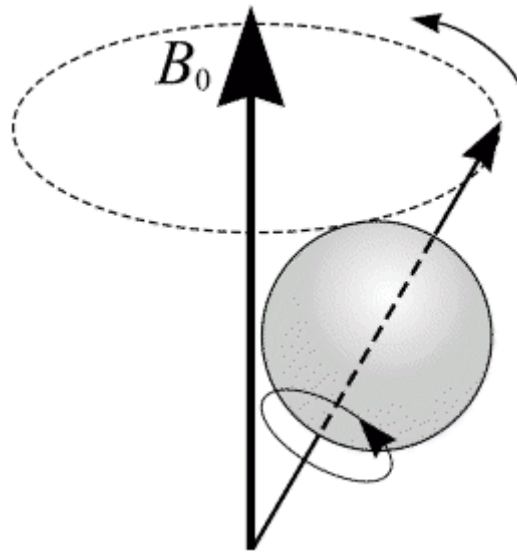


Figura 2.3. Precesión de un protón. En la imagen, corresponde al movimiento del eje de rotación sobre las curvas discontinuas.

En condiciones normales, los espines están orientados aleatoriamente, pero en presencia de un campo magnético externo (B_0) unos espines se alinean con él (paralelamente, en estado de baja energía) y otros en su contra (anti-paralelamente, en estado de alta energía). En nuestro caso, B_0 es el campo generado por el imán con forma de tubo del equipo de resonancia. Los espines tienen una tendencia muy pequeña a alinearse paralelamente a B_0 , pero debido a la gran cantidad de átomos que hay en los tejidos, se produce un campo magnético detectable. Esta magnetización puede entenderse como un vector de dos componentes: uno longitudinal (paralelo al campo magnético) y uno transversal (perpendicular al campo magnético).

Cuando los protones, inmersos en un campo magnético externo B_0 , son sometidos a una señal de radiofrecuencia perpendicular al campo y con una frecuencia igual a su frecuencia de precesión, absorben energía en un proceso denominado excitación. Únicamente los protones cuya precesión tiene la misma frecuencia que tiene el pulso electromagnético intercambiarán energía con éste. La excitación se traduce fundamentalmente en dos aspectos: los espines sincronizan su precesión, y además aquellos espines en estado de baja energía pueden absorber más energía y saltar temporalmente a un estado de alta energía. Los pulsos de radiofrecuencia determinan una rotación del vector de magnetización respecto a la dirección del campo magnético principal conocida como *flip angle*.

El proceso contrario a la excitación se denomina relajación, se produce en cuanto cesa la señal de radiofrecuencia, y entonces los protones regresan a su alineación original liberando energía electromagnética. Esta señal es la que se capta y se interpreta, generando unas imágenes formadas por unidades tridimensionales llamadas vóxeles (del inglés, *volumetric pixel*). Cada vóxel tiene una intensidad determinada que depende de la señal de resonancia. La relajación se mide utilizando los llamados tiempos de relajación T1 (relajación longitudinal) y T2 (relajación transversal), y estos, junto a la densidad protónica, descrita como el número de átomos que han entrado en resonancia, son las principales medidas que determinan la intensidad de la señal y el contraste de las imágenes obtenidas. Cada tejido tiene sus propios valores T1 y T2.

Ajustando las secuencias de pulsos electromagnéticos se pueden obtener diferentes imágenes al potenciar ciertos tipos y propiedades de relajación. Los dos parámetros esenciales que se modifican para conseguir estas potenciaciones son los siguientes: el tiempo de repetición (TR o *repetition time*), que es el intervalo temporal entre pulsos de excitación sucesivos, y el tiempo de eco (TE o *echo time*), que es el intervalo temporal entre el pulso de excitación y el registro de la señal. La manipulación del TR y el TE permite obtener imágenes de diferentes características en función de los intereses del clínico o del investigador. Por ejemplo, la imagen potenciada en T1 se obtiene utilizando TR y TE cortos. Las conexiones de la sustancia blanca tienen un T1 largo y aparecen blancas, mientras que los la sustancia gris tiene un T1 corto y aparecen gris en las imágenes potenciadas en T1. Este tipo de imágenes se suelen utilizar para

obtener imágenes anatómicas de alta resolución (Figura 2.4), aunque existen otras con diferentes características, como las potenciadas en T2 (con TR y TE largos) o las potenciadas en densidad protónica (con TR largo y TE corto).

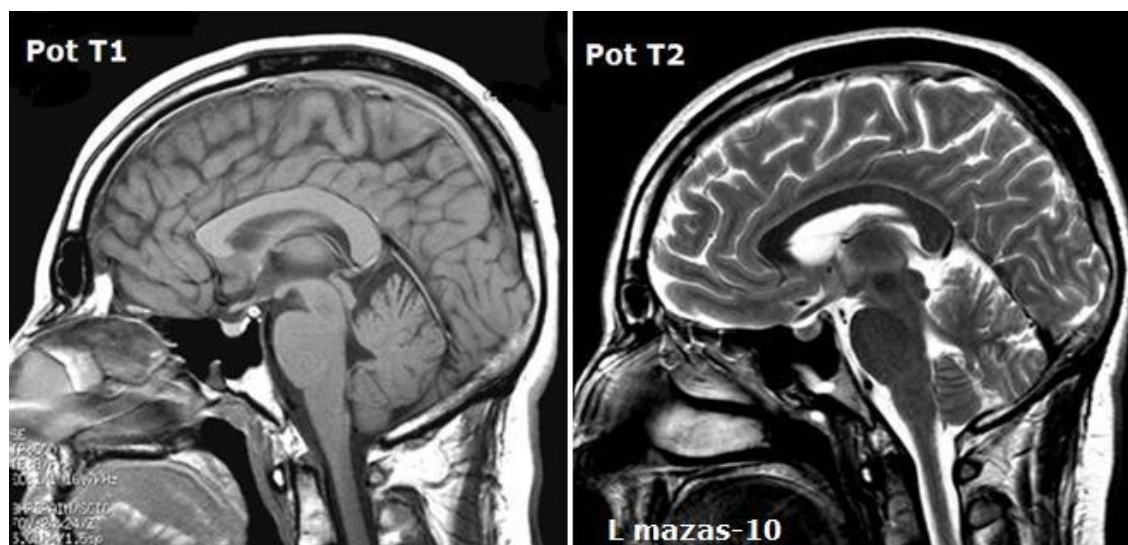


Figura 2.4. Imagen anatómica potenciada en T1 y T2

Debido a su gran abundancia en los tejidos biológicos, el hidrógeno es el elemento que se suele utilizar en imagen por resonancia magnética en clínica y en investigación en neurociencia. Sin embargo, otros núcleos, como el del C13, F19, P31 o el Na23 también tienen espín y pueden ser excitados, aunque son mucho menos abundantes y además requieren una bobina específica ajustada a su frecuencia de resonancia.

La resonancia magnética funcional

Las imágenes anatómicas como las potenciadas en T1 permiten distinguir entre las diferentes estructuras del cerebro, pero no informan acerca de su funcionamiento. Para obtener dicha información se utiliza la imagen por resonancia magnética funcional, que es una medida indirecta de la actividad cerebral.

Esta técnica se basa en detectar la respuesta hemodinámica transitoria provocada por la actividad neuronal. Puesto que la producción de energía a partir de la glucosa es principalmente

aeróbica, el metabolismo neuronal depende del aporte de oxígeno. La actividad neuronal conlleva un incremento en el consumo de oxígeno y un incremento todavía mayor en el flujo sanguíneo local (acoplamiento neurovascular). De esta manera se provoca un incremento relativo de la oxihemoglobina respecto a la deoxihemoglobina en las zonas activadas. Estas dos moléculas tienen distintas propiedades magnéticas (en concreto, distinta susceptibilidad magnética), un hecho que resulta esencial para poder conseguir imágenes de resonancia magnética funcional.

La susceptibilidad magnética es una propiedad natural que tienen los materiales; indica en qué medida es magnetizado un material cuando se sitúa dentro de un campo magnético, lo que depende de la disposición de sus electrones. Hay varios tipos de susceptibilidad magnética, de ellos destacaremos dos que son los que interesan en fMRI (McRobbie, Moore, Graves y Prince, 2007). En primer lugar, los materiales diamagnéticos tienen una susceptibilidad muy débil que produce un campo interno en la dirección opuesta al campo principal. La mayoría de los tejidos corporales son diamagnéticos, mientras que el aire y el hueso tienen una susceptibilidad casi nula. En segundo lugar, los materiales paramagnéticos tienen una susceptibilidad mayor y producen un campo en la misma dirección que el principal. Por ejemplo, el gadolinio, que se utiliza como agente de contraste en resonancia, es paramagnético.

La oxihemoglobina es diamagnética mientras que la deoxihemoglobina es paramagnética. El decremento relativo de la concentración de la deoxihemoglobina indicado anteriormente puede ser detectado en una imagen potenciada en T2* (estas imágenes tienen características similares a las potenciadas en T2 aunque están afectadas por las inhomogeneidades del campo magnético; en el caso ideal de tener un campo muy homogéneo T2 y T2* serían muy parecidas). En las imágenes T2* la materia gris aparece en blanco mientras que la materia blanca aparece en gris, pero lo realmente importante es que la intensidad de la señal cambia en función de la actividad cerebral. Esta señal es conocida como señal BOLD, del inglés *Blood Oxygen Level Dependent*, y fue descubierta por el japonés Seiji Ogawa (Ogawa, Lee, Nayak, y Glynn, 1990).

La función de respuesta hemodinámica (HRF) describe la forma en la que la señal BOLD evoluciona en el tiempo en respuesta a un cambio de actividad neuronal (Figura 2.5.). La HRF

tiene un retraso sobre el evento neuronal que la activa de 1 a 2 segundos, ya que el sistema vascular necesita ese tiempo para responder a la necesidad de glucosa del cerebro. Una HRF típica consta de un breve descenso inicial (en inglés, *initial undershoot*), un aumento posterior y un máximo aproximadamente a los 5 segundos. Si las neuronas continúan disparándose, como por ejemplo sucede ante un estímulo continuo, la señal BOLD se mantiene en el máximo mientras las neuronas permanecen activas. Cuando termina la actividad se produce un descenso de la señal hasta un valor ligeramente inferior a la línea base, volviendo finalmente al valor inicial transcurridos unos 12-24 segundos. La HRF depende de las propiedades del estímulo y de la actividad neuronal asociada, y es relativamente estable entre registros realizados en las mismas condiciones, aunque puede haber diferencias significativas inter o intra-sujetos (Aguirre, Zarahn y D'Esposito, 1998).

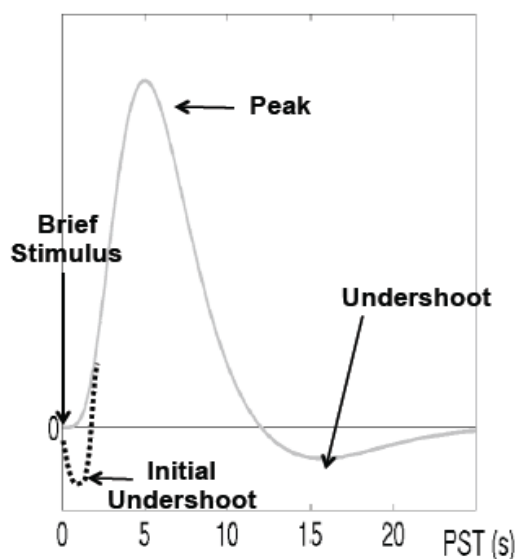


Figura 2.5. Ejemplo de función de respuesta hemodinámica (HRF). La repuesta hemodinámica a una breve estimulación neuronal tiene un retraso típico de 1-2 segundos y alcanza un máximo a los 4-6 segundos. En el eje horizontal se representa el tiempo en segundos y el vertical la intensidad de la señal BOLD.

Las principales ventajas de la fMRI son su resolución espacial y el hecho de ser un método muy poco invasivo. Su principal desventaja se debe a que la señal BOLD es una medida indirecta de la actividad neuronal y que tiene una resolución temporal limitada. Además, las imágenes pueden verse afectadas por distintos tipos de artefactos relacionados con el escáner

(por ejemplo, por falta de homogeneidad del campo magnético o por ruido en los pulsos electromagnéticos) o con aspectos fisiológicos (por ejemplo, movimientos del sujeto).

Adquisición de datos de fMRI.

Durante los experimentos habituales de fMRI, los participantes permanecen en posición decúbito supino en el interior del escáner de resonancia. Allí pueden recibir estímulos visuales a través de gafas de visión de video compatibles con resonancia magnética sobre las que se proyecta el contenido de la pantalla de un ordenador. En nuestros experimentos, los estímulos visuales se suministraron a través de las gafas compatibles con resonancia magnética (Visuastim, Resonance Technology, Inc. Northridge, CA 91325 U.S.A.) que se muestran en la Figura 2.6.



Figura 2.6. Gafas compatibles con resonancia magnética para la presentación de estímulos visuales.

También pueden recibir estímulos auditivos mediante auriculares o emitir respuestas a través de mandos compatibles con resonancia. Los experimentos suelen durar desde 20 minutos a más de una hora, durante los cuales se adquieren las imágenes funcionales; normalmente también se registra una imagen estructural como referencia anatómica. Durante el periodo de tiempo inicial de la secuencia no se registran imágenes para asegurar el estado estacionario de la magnetización (esas imágenes no registradas se llaman en inglés *dummy scans*). Una vez adquiridas las imágenes, se pueden analizar para determinar la actividad cerebral asociada a la tarea experimental.

Para entrenar a los participantes y para que se acostumbren a estar dentro del escáner, es posible realizar pruebas de los paradigmas experimentales en un simulador de resonancia antes de registrar las imágenes. La Figura 2.7 muestra el que hemos utilizado en nuestro trabajo.



Figura 2.7. Simulador de resonancia magnética.

En resonancia magnética funcional, existen dos tipos básicos de diseños experimentales: el diseño de bloques y el diseño relacionado con eventos (*event related*) (Fig 2.8).

En el diseño de bloques cada una de las condiciones del experimento se organiza en varios bloques de varios segundos de duración (por ejemplo, una condición podría estar formada por 10 bloques de 12 segundos cada uno durante los cuales se presenta cierto estímulo). En este periodo, dentro de un mismo bloque, la respuesta hemodinámica puede llegar a un máximo y mantenerse en él para luego volver a su línea base cuando termina la estimulación. Este tipo de diseño suele ser muy potente para realizar comparaciones entre condiciones.

En el diseño relacionado con eventos, en vez de bloques, las condiciones están formadas por numerosos eventos (estímulos o respuestas) de corta duración (por ejemplo, una condición podría estar formada por 40 presentaciones muy breves de cierto estímulo). Si bien este tipo de diseño no tiene tanta potencia estadística como el de bloques, puede presentar varias ventajas

(D'Esposito, Zarahn y Aguirre, 1999). Por ejemplo, los eventos pueden organizarse en condiciones después del experimento a partir de las respuestas del sujeto, o facilitan la presentación aleatoria de los estímulos.

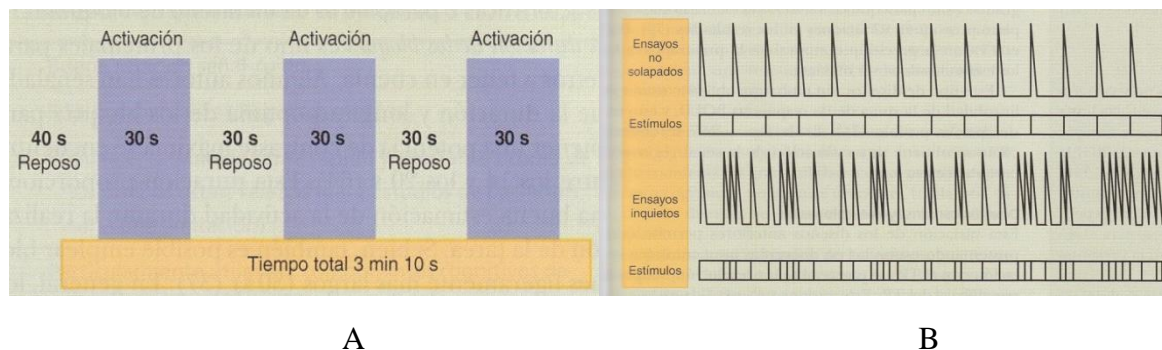


Figura 2.8. A) Diseño de bloques y B) Diseño relacionado con eventos.

Procesado de imágenes de resonancia

Las imágenes de resonancia obtenidas requieren un preprocesado que tiene un propósito doble. En primer lugar, elimina parte del ruido registrado; en segundo lugar, las imágenes son preparadas para el análisis estadístico. El preprocesado puede realizarse con diversos paquetes estadísticos e incluye varios pasos consecutivos; los procesos más característicos se indican a continuación. En nuestro caso, el preprocesado y el análisis estadístico se han realizado utilizando el software Statistical Parametric Mapping – SPM8 (Wellcome Trust Centre for Neuroimaging, <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>). Se pueden ver más detalles en el manual del programa (Ashburner et al., 2010). También se utilizó el programa MRICroN (www.mricro.com) para visualizar los resultados.

Realineado

En los estudios de fMRI el movimiento de la cabeza puede producir cambios en la intensidad de la señal, lo que constituye una importante fuente de ruido. A pesar de que el experimentador intenta restringir los movimientos en la medida de lo posible, durante las sesiones de resonancia los participantes pueden realizar desplazamientos de varios milímetros.

Para corregirlos, se incluye una fase de realineado (Figura 2.9) que utiliza una transformación rígida formada por tres rotaciones (giros del plano axial, sagital y coronal) y tres traslaciones (sobre los ejes x, y, z). Este proceso es suficiente para realinear las imágenes; en ocasiones con una precisión de unos cientos de micras (Friston, Williams, Howard, Frackowiak, y Turner, 1996). No obstante, se ha observado que incluso después del realineado, parte de la varianza de la serie temporal de las imágenes funcionales covaría con los movimientos del sujeto (de hecho se atribuye a estos movimientos). El software SPM ofrece una opción (*unwarp*) que corrige parcialmente este efecto. Mediante esta opción, se tiene en cuenta la interacción entre (a) las distorsiones relacionadas con la susceptibilidad magnética y (b) el movimiento del sujeto (Andersson, Hutton, Ashburner, Turner y Friston, 2001). Se recomienda utilizar esta opción cuando en los datos se aprecian traslaciones superiores a un milímetro o rotaciones superiores a un grado.

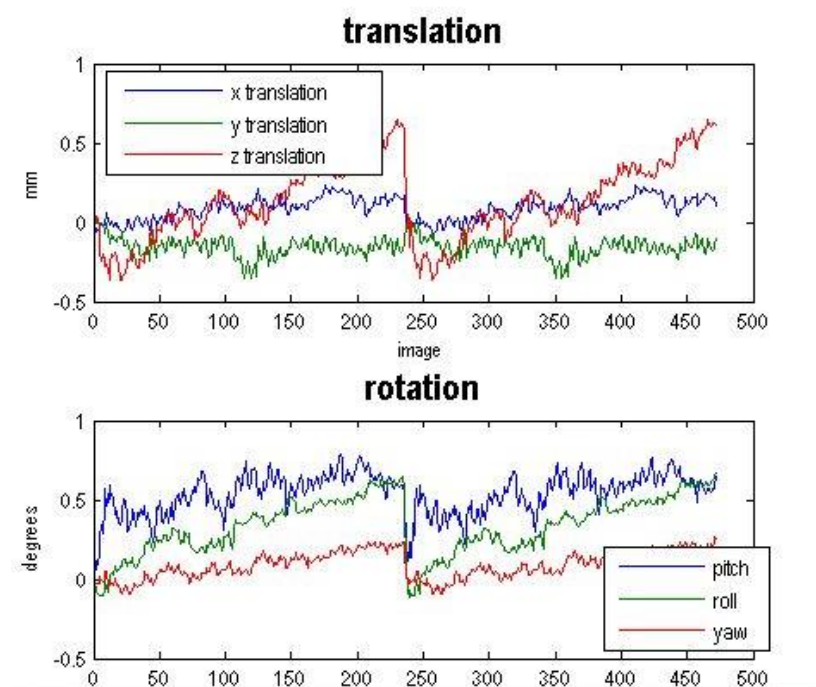


Figura 2.9. Gráficos correspondientes a la corrección de movimientos de una fase de realineado. En el eje de abscisas se representa la serie temporal de imágenes funcionales. En el eje de ordenadas se representa los movimientos de la cabeza de un participante, en cada uno de las 6 posibles direcciones de rotación o translación.

Corregistro

El corregistro se refiere al ajuste de la imagen estructural a las imágenes funcionales. Es un proceso que se suele emplear para cada sujeto, similar al de realineado. Se calcula una matriz de transformación (que implica rotaciones y traslaciones del cerebro) que después se aplica únicamente sobre la imagen estructural.

Slice time correction

Una imagen tridimensional de resonancia funcional está formada por varias imágenes bidimensionales. Como hemos visto, la imagen tridimensional completa se adquiere en un tiempo indicado por el parámetro TR. Sin embargo, las secciones bidimensionales, no se adquieren todas a la vez, sino en distintos tiempos próximos dentro de ese intervalo. Este hecho puede dar lugar a sesgos en el análisis posterior (Sladky et al., 2011). Para compensar esto, se realiza el proceso de *slice time correction*, en el que todas las secciones se ajustan a una de referencia (por ejemplo, la primera de cada imagen).

Normalizado

Para poder generalizar los resultados obtenidos hay que tener en cuenta la variabilidad de las estructuras cerebrales entre sujetos. Una solución frecuentemente adoptada consiste en normalizar las imágenes de cada sujeto (Ashburner y Friston, 1999), transformándolas para ajustarlas a una plantilla canónica como la de la Figura 2.10 B. Una muy popular es la plantilla MNI del *Montreal Neurological Institute*, creada a partir del promedio de 152 imágenes anatómicas (Mazziotta et al., 2001).

Suavizado

Cualquier reducción en el ruido aleatorio de las imágenes será beneficioso para que las técnicas estadísticas puedan detectar verdadera actividad cerebral (Oppenheim, 1978). Por este

motivo se realiza un suavizado espacial. El suavizado espacial incrementa la relación señal-ruido pero disminuye la resolución de la imagen, por lo que se debe tener en cuenta a la hora de elegir un filtro adecuado. Generalmente, el suavizado espacial se realiza mediante un filtro gaussiano que difumina la imagen (Shapiro y Stockman, 2001; Nixon y Aguado, 2008), tal y como muestra la Figura 2.10.

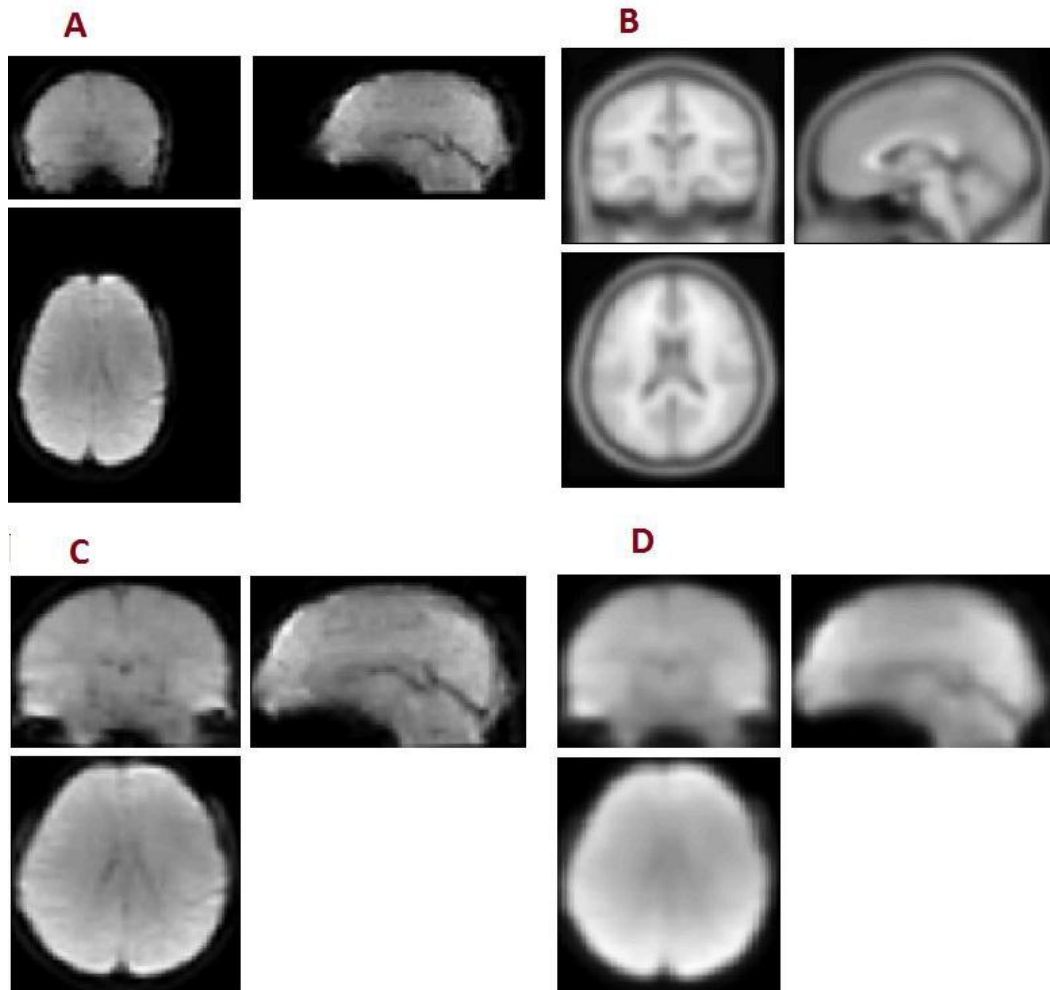


Figura 2.10. A. Imagen funcional sin procesar. B. Plantilla normalizada MNI. C. La primera imagen funcional normalizada. D. La imagen funcional normalizada y suavizada.

Análisis estadístico

Tras el preprocesado se puede llevar a cabo el análisis estadístico. Existen varios métodos de análisis (Poldrack, Mumford y Nichols, 2011), como por ejemplo el análisis de componentes

independientes (ICA) o el análisis de conectividad funcional. Sin embargo, el más utilizado es el modelo general lineal (*general lineal model* o GLM en inglés), que es el que se describe a continuación y que es el que hemos empleado con los datos obtenidos utilizando para ello el software SPM.

El análisis parte de un conjunto de imágenes funcionales preprocesadas y de una matriz de diseño determinada por el experimento realizado. En la matriz se especifican todas las condiciones experimentales con sus respectivos tiempos de inicio y sus duraciones.

La idea principal del GLM consiste en obtener estadísticas acerca de cómo una serie temporal de datos (las imágenes fMRI) puede ser descrita por una combinación de variables explicativas (que pueden ser tanto los estímulos como las respuestas del sujeto). Esto requiere que el experimentador tenga una hipótesis a priori acerca de la respuesta cerebral.

Es importante señalar que no es necesario tener ninguna hipótesis acerca de la localización de la actividad cerebral, ya que el análisis se repite para cada una de las series temporales correspondientes a cada vóxel. A continuación se describe el GLM para la serie temporal de actividad en un único vóxel (el proceso es el mismo para los demás vóxeles).

Supongamos que hemos registrado N imágenes en un experimento. Para un vóxel determinado tendremos una serie temporal $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_N)$ donde Y_j representa la intensidad del vóxel en la imagen j .

Supongamos ahora que tenemos L variables X_1, \dots, X_L (llamadas también regresores) que pueden explicar los datos y que nos interesa determinar el ajuste lineal entre los datos obtenidos y las variables explicativas, donde $X_l = (X_{1l}, \dots, X_{Nl})$. Estas L variables se representan en la matriz de diseño (pueden referirse, por ejemplo, a los tiempos en los cuales el sujeto está mirando un determinado estímulo, o respondiendo a otro).

Podemos entonces representar a Y como una combinación lineal de X_1, \dots, X_L más un error $\varepsilon = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_N)$, donde los componentes del error han de ser independientes y con una distribución normal de media 0.

$$Y_1 = X_{11}\beta_1 + \dots + X_{1l}\beta_l + \dots + X_{1L}\beta_L + \varepsilon_1$$

...

$$Y_j = X_{j1}\beta_1 + \dots + X_{jl}\beta_l + \dots + X_{jL}\beta_L + \varepsilon_j$$

...

$$Y_N = X_{N1}\beta_1 + \dots + X_{Nl}\beta_l + \dots + X_{NL}\beta_L + \varepsilon_N$$

Simplificadamente se puede representar así: $Y = X \cdot \beta + \varepsilon$

Donde Y es la señal BOLD observada en un vóxel a lo largo del experimento, X es la matriz de diseño que explica los datos y β son los parámetros a estimar para minimizar el error ε . De esta manera, el error será la diferencia entre los datos observados (Y) y los predichos por el modelo ($X \cdot \beta$).

Es preciso tener en cuenta que la señal BOLD es continua, por lo que la respuesta a un estímulo también lo será. Por este motivo, antes de resolver la ecuación, se convoluciona con la función de respuesta hemodinámica (HRF) descrita anteriormente. Posteriormente, utilizando aproximación de mínimos cuadrados se obtiene la estimación de los parámetros.

Una vez que se han obtenido las estimaciones de β para cada vóxel, podemos utilizarlas para realizar diferentes pruebas estadísticas. Dentro de estas hay que resaltar 2 tipos de pruebas t que se suelen utilizar. El primero sirve para realizar comparaciones entre los regresores. Imaginemos que en un diseño hay solo 4 condiciones relativas a movimientos realizados con cada una de las manos y cada uno de los pies, respectivamente. En la matriz de diseño deberíamos incluir estas cuatro condiciones: (*mover mano izquierda, mover mano derecha, mover pie izquierdo, mover pie derecho*). Supongamos que quisiéramos saber qué áreas del cerebro se activan más al realizar un movimiento con la mano izquierda que al realizar el mismo movimiento con la mano derecha. La hipótesis nula sería $H_0 : ct \beta = 0$, donde $ct = (1, -1, 0, 0)$ se

llama vector de contraste. Así, $H_0 : ct \beta = 0 \square \beta_1 - \beta_2 = 0 \square \beta_1 = \beta_2$. El segundo tipo de prueba realiza una comparación entre un regresor y una línea base. Por ejemplo, si con el diseño anterior se desea saber qué áreas se activan por mover el pie izquierdo, el vector de contraste sería $ct = (0, 0, 1, 0)$, que corresponde a $H_0 : \beta_3 = 0$.

Estas pruebas t se realizan en todos los vóxeles de las imágenes funcionales y dan un mapa paramétrico estadístico, que se codifica por colores y se puede sobreponer a una imagen estructural para crear un típico mapa de actividad de resonancia magnética funcional (Figura 2.11). Este análisis, realizado para un solo sujeto, también se conoce como análisis de primer orden. Sin embargo, la mayoría de las veces interesa generalizar los resultados obtenidos a partir de los datos de varios sujetos (análisis de grupo), y se suele realizar otro tipo de análisis llamado de efectos aleatorios en el segundo nivel, en el que cada sujeto se trata como una observación independiente. Para llevarlo a cabo, simplemente se hace una prueba t sobre los valores de los contrastes de todos los sujetos.

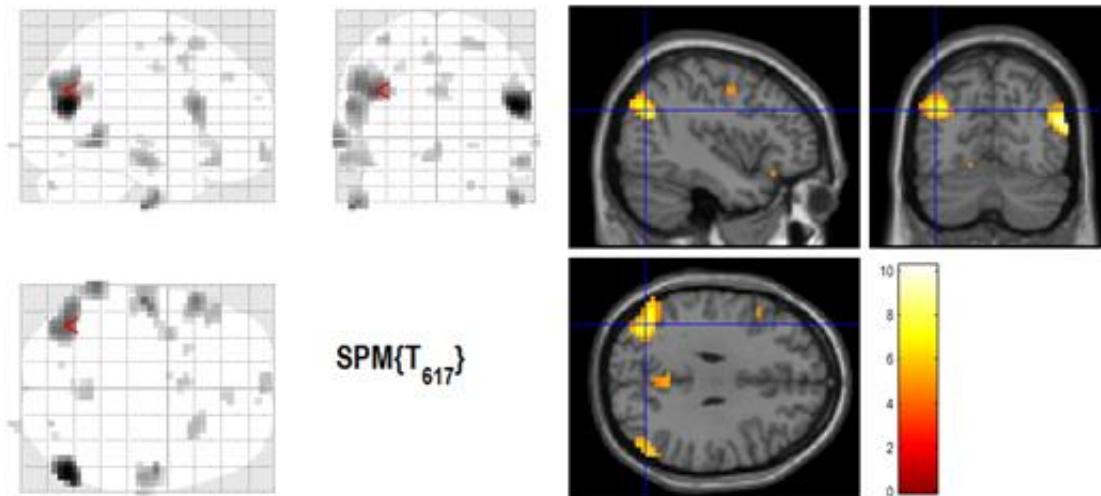


Figura 2.11. Dos tipos de representación de los resultados de fMRI. A la izquierda, la actividad es proyectada sobre un cerebro transparente (*glass brain*). A la derecha, la misma actividad se representa como un mapa coloreado sobre una imagen estructural, donde la leyenda de la derecha indica el valor del estadístico t .

En el análisis estadístico es importante controlar las comparaciones múltiples. Esto es debido a que para cada vóxel se repite la prueba estadística, lo que desemboca en falsos positivos (por ejemplo, si la imagen tiene 64 x 64 x 32 elementos, el test se realiza 131072 veces). Hay diversos métodos para controlar estos errores, como son las correcciones FDR (*false discovery rate*) y FWE (*familywise error rate*), aumentar el tamaño mínimo del *clúster* representado (*k*) en los resultados (un *clúster* es una agrupación de vóxeles), o reducir considerablemente el p-valor aceptable. Sin embargo, el uso de correcciones para comparaciones múltiples excesivamente conservadoras en los estudios de neuroimagen ha sido recientemente criticado como una fuente de errores de tipo II (Lieberman y Cunningham, 2009). Para reducir el riesgo de falsos negativos, los resultados de los que aquí se informará fueron calculados utilizando $p < 0.001$ sin corregir salvo que se especifique lo contrario.

CAPÍTULO 3. ESTUDIOS NORMATIVOS.

**Elaboración y validación del material experimental:
las situaciones de riesgo, sus opciones y
consecuencias.**

3.1. INTRODUCCION

Los estudios normativos consisten en una exploración y análisis de un objeto de estudio concreto para poder encontrar el patrón normativo que le caracteriza. Es decir, hablamos de estudios previos muy relevantes que sirven para poder estandarizar los materiales escritos que se utilizan en esta tesis y así poder diseñar contenidos para los paradigmas experimentales más ajustados a la realidad de la población objeto de estudio.

Si no se utilizasen estudios normativos que permitiesen una validación de los materiales podríamos utilizar situaciones de riesgo poco representativas para la población y por lo tanto los participantes no se sentirían identificados con ellas y los datos, tanto conductuales como neurofuncionales, no tendrían validez ecológica.

Por ello, nuestro estudio comenzó con un proceso de selección y validación del material situacional, para lo cual se partió de una selección previa proporcionada por la literatura sobre situaciones de riesgo prototípicas. A continuación se hicieron grupos focales de adolescentes con situaciones evocadoras de las situaciones de riesgo más comunes, de forma que nos permitiese seleccionar y recrear las situaciones de riesgo lo más naturales posible. Se siguió el mismo procedimiento para las situaciones ambiguas.

Posteriormente se redactaron todas las situaciones y se elaboró un cuestionario normativo para averiguar cuáles eran las situaciones más representativas y cuáles menos. Asimismo, para cada situación se sometieron a prueba las opciones peligrosas o seguras en las situaciones de riesgo y las opciones neutras para las situaciones ambiguas.

Y por último se realizó un estudio normativo respecto a la valencia de las consecuencias (positivas o negativas) derivadas de las decisiones tomadas tanto en las situaciones de riesgo como en las ambiguas. Este procedimiento se detalla más exhaustivamente a continuación, y obtuvo como resultado un listado de ítems de riesgo y ambiguos que se describe en el Anexo 3.12.

3.2. SELECCIÓN DE LAS SITUACIONES Y LAS OPCIONES DE RIESGO

Exploración y valoración de las situaciones y opciones de riesgo y ambiguas.

Comenzamos realizando una revisión de la literatura actual sobre los tipos de riesgo más comunes en la adolescencia (Eaton, 2012), para poder diseñar situaciones contextualizadas que fuesen evocadoras de otras situaciones satélites y al mismo tiempo pudieran narrarnos cuales son las posibles opciones a presentarse en las situaciones de riesgo y ambiguas. Para comenzar realizamos una búsqueda bibliográfica para conocer cuales habían sido los dominios que aglutinan los comportamientos de riesgo más significativos, observando entre otros, la práctica de deportes peligrosos, el consumo de alcohol, ser partícipe de prácticas sexuales de riesgo, o experimentar con el uso de sustancias adictivas... todas son prácticas que ocurren de forma más frecuente durante la adolescencia y la juventud que durante la edad adulta, más de 25 años (Youth Risk Behavior Survey, 2013).

Una vez localizados los tipos de riesgo más habituales, construimos 18 situaciones de la vida real y sus correspondientes opciones para que pudiesen generar un debate entre los adolescentes y los adultos jóvenes y sirvieran de enganche respecto a otras situaciones similares tanto en contextos de riesgo como en contextos ambiguos.

Para ello se utilizó la técnica de grupos focales con cuatro grupos de edad (grupo 1=12-14 años, grupo 2= 15-16 años, grupo 3= 17-18 años, grupo 4= 19-20 años) compuesto por 8 participantes cada uno y repartidos de forma equitativa según el género.

En cada grupo se presentaron las situaciones una a una. Para cada situación se presentaba una introducción para situar a los participantes en el escenario concreto, por ejemplo; “Es miércoles por la tarde y has quedado con tus amigos en la plaza.” y un desenlace de la situación “Uno de tus amigos es multado por la policía.” A continuación les preguntábamos; ¿cómo se había llegado a ese desenlace?. Esto nos permitió conocer los cursos de acción para detectar las opciones de riesgo que habían tomado los personajes y así identificar las opciones de riesgo. Una vez finalizada la reconstrucción de la escena, se les preguntaba; ¿Cómo podrían haber evitado

ese desenlace?, con el objetivo de conocer cursos de acción alternativos a las decisiones de riesgo y así poder identificar las opciones seguras. Por último se les preguntaba, si conocían otras situaciones en las que se hubieran encontrado con un desenlace similar, para poder conocer las historias reales vivenciadas por nuestra población objeto de estudio. Estas situaciones nos servirían tanto para construir las situaciones de riesgo como las ambiguas.

Elaboración de las situaciones y opciones de riesgo y ambiguas

Una vez recabada toda la información de los grupos focales comenzamos a redactar las situaciones que llevaríamos a validar en estudios normativos. Para la redacción seguimos los siguientes criterios: a) para la contextualización de la situación, se debía utilizar la segunda persona para que el sujeto se implicase más en la situación, b) en el contexto o escenario debía figurar la compañía de un amigo o alguien cercano, porque es en presencia de los iguales donde mayor número de conductas de riesgo se realizan, c) se controló la longitud de las frases que describían el escenario contabilizando el número de palabras, de forma que las frases contenían el mismo número de palabras (escenario de riesgo; $M= 20.27$ $DT= 3.09$; y escenario ambiguo $M=20.32$ $DT= 3.03$), y d) se evitaron las palabras poco familiares en todos los escenarios.

Para la elaboración de las opciones, se consideró oportuno que ambas opciones tuviesen un formato de redacción acción-acción, por ejemplo “Compras el refresco”, donde se evitara incluir frases en negativo o la negación de acción, por ejemplo “No compras el refresco”. Su extensión no fue superior a una frase corta (entre 5 y 7 palabras).

Para redactar las consecuencias, se tuvo en cuenta eliminar la presencia de recompensa social. Por ejemplo: “Tus amigos te felicitan por lo bien que lo has hecho”, para evitar una doble recompensa, la que implica la propia acción y la recompensa social porque tus amigos te dan palmaditas. Además, en las situaciones ambiguas, era importante que la redacción de las consecuencias evitara que el sujeto realizase alguna atribución interna, puesto que el participante debía percibir la consecuencia como un elemento externo, fortuito e incontrolable.

3.3. ESTUDIO NORMATIVO PARA VALIDAR LAS SITUACIONES Y OPCIONES DE RIESGO

Introducción

Para poder validar las situaciones y las opciones planteadas, se creó un cuestionario normativo en el que se preguntaba, en primer lugar, en qué medida se han visto implicados en determinadas situaciones o si vieron a otras personas implicadas en esas situaciones. Y en segundo lugar se pretendía conocer cómo valoran el grado de riesgo de las opciones que les presentamos (peligrosas y seguras).

Concretamente, a los participantes se les presentó una lista de situaciones de riesgo en la adolescencia, para que respondiesen a dos preguntas para cada situación:

- ¿Alguna vez **te viste** implicado en alguna situación similar?
- ¿Alguna vez **viste a otras personas** implicadas en una situación similar?

Respondiendo SI o NO para cada pregunta. Por ejemplo:

SITUACION		SI	NO
Conoces a una chica en carnavales y ambos desean mantener relaciones sexuales, pero no tienen preservativo...	¿Alguna vez te viste implicado en alguna situación similar?		
	¿Alguna vez viste a otras personas implicadas en una situación similar?	SI	NO

A continuación, le presentamos dos opciones u alternativas de acción que podrían llegar a tomar los adolescentes en dicha situación, para que respondieran a la siguiente pregunta:

- ¿En qué medida elegir esta conducta es un riesgo para la persona?

Respondiendo en una escala de 0 (nada riesgo) a 4 (mucho riesgo) para cada alternativa. Por ejemplo:

OPCIONES	¿En qué medida elegir esta conducta es un riesgo para la persona?				
	0	1	2	3	4
Continuas la relación sexual	Nada riesgo	Poco riesgo	Algo riesgo	Bastante riesgo	Mucho riesgo
Le haces un masaje relajante	0	1	2	3	4
	Nada riesgo	Poco riesgo	Algo riesgo	Bastante riesgo	Mucho riesgo

Descripción de los participantes

Los participantes fueron 60 estudiantes universitarios, la mitad hombres y la mitad mujeres, pertenecientes a los últimos cursos de Psicología. La media de edad de la muestra fue de 23.77 (3.75), siendo para hombres la media de edad de 24 (3.28), y para mujeres de 23.53 (4.21).

Para evitar el sesgo de orden de presentación de las situaciones, se presentaron 3 aleatorizaciones diferentes, de manera que se contrabalancearon las historias y los dominios de conflicto (Salud, Social, Sustancias, Sexo, Accidentes y Deportes). La distribución de las versiones de aleatorización quedó de la siguiente manera:

- Aleatorización 1: 20 participantes (10 hombres y 10 mujeres)
- Aleatorización 2: 20 participantes (10 hombres y 10 mujeres)
- Aleatorización 3: 20 participantes (10 hombres y 10 mujeres)

Descripción de las variables

Dimensión	Variable	Pregunta al participante	Objetivo investigador
Vivencia de la situación	Tu	¿Alguna vez te viste implicado en alguna situación similar?	Saber en qué medida los participantes reconocen estas situaciones como vivencias que han experimentado ellos mismos
	Otros	¿Alguna vez viste a otras personas implicadas en una situación similar?	Saber en qué medida los participantes reconocen estas situaciones como vivencias que han visto experimentar a otras personas
Elecciones de conducta	Peligrosa	¿En qué medida elegir esta conducta es un riesgo para la persona?	El grado en que esta elección de conducta que nosotros consideramos de riesgo es peligrosa para un grupo normativo.
	Segura	¿En qué medida elegir esta conducta es un riesgo para la persona?	El grado en que esta elección de conducta que nosotros consideramos de NO riesgo es poco peligrosa para un grupo normativo.

Análisis estadísticos

Con el objetivo de realizar una exploración completa de los resultados se plantearon 6 tipos de análisis:

- Análisis de la vivencia de las situaciones en primera persona.
- Análisis de la vivencia de las situaciones en otra persona.
- Análisis de la relación entre la vivencia de las situaciones en primera persona y haberlas presenciado en otras personas.
- Análisis de las opciones peligrosas

- Análisis de las opciones seguras
- Análisis de la diferencia entre las opciones peligrosas y seguras.

En cada uno de estos 6 análisis, se calcularon medias y desviaciones típicas; a) en el total de las situaciones, b) diferenciado por dimensiones, c) Específicamente en cada una de las situaciones. Y en todas ellas se tuvo en cuenta la variable de género. Los análisis realizados fueron: Análisis descriptivos, Correlación de Pearson, Pruebas *t* de comparación de medias por pares y ANOVAs de una vía con el género.

Resultados de la vivencia de las situaciones

Las situaciones vividas en primera persona (TU)

Los resultados de la vivencia de las situaciones en primera persona indican que el 40 % de las situaciones planteadas han sido vividas en primera persona. Si focalizamos el análisis distribuyendo las situaciones en función de la dimensión, las situaciones vividas en primera persona se distribuyen de la siguiente manera: Accidentes en un 38 %, Deportes en un 36 %, Salud en un 44 %, Sexo en un 34 % y Sustancias en un 44 %.

Con el objetivo de poder discriminar cuales eran las situaciones más frecuentes que han sido vividas en primera persona, se calcularon las medias para cada una de ellas, y así poder seleccionar las más frecuentes (ver Anexo 3.1).

También se realizaron estos mismos análisis por género, para así conocer cuáles eran las situaciones que estaban sesgadas por la condición de género y evitar incluirlas en el paradigma experimental (ver Anexo 3.2).

La situaciones observadas en otras personas (OTRO)

Los participantes han reconocido las situaciones como observadas en otras personas en un 54 % de las situaciones planteadas. Si focalizamos el análisis distribuyendo las situaciones en

función de la dimensión, las situaciones que han visto que ha vivido otra persona se distribuyen de la siguiente manera: Accidentes en un 55 %, Deportes en un 45 %, Salud en un 52 %, Sexo en un 57 %, Sustancias en un 61 %.

Con el objetivo de poder discriminar cuáles eran las situaciones más frecuentes que han visto en otras personas, se calcularan las medias para cada una de ellas, y así poder seleccionar las más frecuentes (ver Anexo 3.3)

También se realizó este mismo proceso diferenciando por género, para así conocer cuáles eran las situaciones que estaban sesgadas por la condición de género y evitar incluirlas en el paradigma experimental (ver Anexo 3.4)

La relación entre vivir las situaciones en primera persona y haberlas observado en otras personas

Se realizó una análisis de correlación entre las puntuaciones de haber vivido la situación en primera persona (TU) y las puntuaciones de haberlas observado en otra persona (OTRO), para cada una de las situaciones, y la puntuación obtenida fue de .760**. Si lo diferenciamos por genero observamos como las puntuaciones de los chicos correlacionan .696 ** y las chicas .832**. Este resultado nos muestra que están bastante relacionadas las situaciones que los adolescentes viven en primera persona y aquellas que han observado en los demás, lo que probablemente indica que las viven en grupo.

Por otro lado, la diferencia entre las medias de haber vivido la situación en primera persona y haber observado la situación en otras personas muestra una significación estadística, de forma que los participantes reconocen las situaciones vividas en otras personas (54%) en mayor medida que haber vivido las situaciones en primera persona (40%) ($t(59) = -8.65; p < .01$). Este resultado es coherente con la realidad, puesto que es más razonable reconocer un mayor número de experiencias en los demás que haber vivido todas las situaciones en uno mismo.

Resultados del grado de riesgo de las opciones

Opciones peligrosas

La media de las elecciones peligrosas en todos los participantes, fue de 2.84 (3 = bastante riesgo) con una desviación típica de 0.48. No hay diferencias significativas entre las puntuaciones de chicos ($M= 2.83$ y $DT= 0.52$) y chicas ($M= 2.85$ y $DT= 0.43$).

Las elecciones peligrosas organizadas por dimensiones han sido valoradas de la siguiente manera: Accidentes ($M= 3.08$ y $DT = 0.52$), Deportes ($M= 2.76$ y $DT= 0.54$), Salud ($M= 2.62$ y $DT= .52$), Sexo ($M= 2.80$ y $DT= .52$) y, Sustancias ($M= 2.95$ y $DT= .53$).

Con el objetivo de poder distinguir cuáles eran las situaciones que contenían las opciones más peligrosas, se calcularan las medias para cada una de las situaciones (ver Anexo 5). También se realizó este mismo proceso diferenciado por género, para así conocer cuáles eran las situaciones con elecciones peligrosas sesgadas por la condición de género y evitar incluirlas en el paradigma experimental (Ver Anexo 6).

Opciones seguras

La media de las opciones seguras en todos los participantes, fue de 0.57 (0= nada de riesgo, 1= poco riesgo) con una desviación típica de 0.37. No hay diferencias significativas entre las puntuaciones de chicos ($M =0.63$ y $DT =0.45$) y chicas ($M = 0.50$ y $DT = 0.27$).

Las opciones seguras organizadas por dimensiones han sido valoradas de la siguiente manera: Accidentes ($M = 0.52$ y $DT = 0.39$), Deportes ($M = 0.54$ y $DT = 0.42$), Salud ($M = 0.55$ y $DT = 0.34$), Sexo ($M = 0.62$ y $DT= 0.45$) y, Sustancias ($M= 0.60$ y $DT= 0.41$).

Con el objetivo de poder distinguir cuáles eran las situaciones que contenían las opciones más seguras, se calcularan las medias para cada una de las situaciones (ver Anexo 3.7). También se realizó este mismo proceso diferenciado por género, para así conocer cuáles eran las

situaciones con elecciones seguras sesgadas por la condición de género y evitar incluirlas en el paradigma experimental (Ver Anexo 3.8).

Relación entre las opciones peligrosas y las opciones seguras

Se hizo un análisis correlacional entre las opciones calificadas a priori como peligrosas y seguras para comprobar que realmente se ofrecen dos alternativas diferentes donde la opción peligrosa es percibida de mayor riesgo que la opción segura. La correlación entre las opciones peligrosas y las opciones seguras fue muy baja ($r = .104$), y no es significativa. Lo cual nos indica que las opciones son suficientemente discriminativas en cuanto a su nivel de riesgo.

La prueba t de contraste de medias, muestra una diferencia significativa entre las opciones peligrosas y las opciones seguras ($t(59) = 30.44; p < .01$).

Tabla 3.1. Contrastes t comparando las puntuaciones en las opciones peligrosas frente a las opciones seguras por cada dominio.

Dominios	Opciones	M	DT	t	gl	p
Accidentes	Peligrosa	3.12	.513	33.66	60	.000
	Segura	.51	.399			
Deporte	Peligrosa	2.75	.541	28.19	60	.000
	Segura	.53	.419			
Salud	Peligrosa	2.61	.519	27.60	60	.000
	Segura	.53	.334			
Sexo	Peligrosa	2.82	.511	25.48	60	.000
	Segura	.62	.459			
Sustancias	Peligrosa	2.97	.534	27.32	60	.000
	Segura	.60	.421			

Posteriormente se realizó un test de muestras relacionadas entre la opción peligrosa y la opción segura para cada una de las situaciones, para poder determinar en cuál de las situaciones las elecciones eran lo suficientemente discriminativas entre sí. Y el resultado muestra que, en

efecto, se observan diferencias significativas entre la opción peligrosa y la opción segura, en todas las situaciones.

Procedimiento y criterios para seleccionar o eliminar cada situación.

Para realizar la selección final de las situaciones que se incluyeron en la tarea experimental, cada una de las situaciones debía superar los siguientes criterios:

1) Situaciones que hubiesen sido vivenciadas tanto en primera persona como observadas en los otros. Para ello, se calculó la media total de las situaciones (0.47) y se contrastó con las medias vivenciadas en primera persona y observadas con otros en cada una de las situaciones. El criterio para rechazar que una situación no era lo suficientemente vivenciada se estableció en que su media estuviese por debajo de una desviación típica (0.18) respecto a la media de todas las situaciones (0.47). Por lo tanto todas las situaciones que tuviesen una media menor de 0.29, fueron eliminadas. Solo se escogieron aquellas situaciones cuya media fuera superior a 0.29, tanto vividas como observadas en los otros.

2) Las opciones peligrosas y seguras que se diferenciaron estadísticamente en su grado de riesgo. Para ello, se calculó la media y la desviación típica de la opción peligrosa: 2.84 (0.49) y la de la opción segura: 0.57 (.38). De forma que todas las opciones peligrosas que estuviesen por debajo de 2.35 (-1DT) y las opciones seguras que estuviesen por encima de 0.95 (+ 1DT) fueron situaciones eliminadas por tener cursos de acción poco discriminativos entre sí en relación con el grado de riesgo.

3) No hubiese diferencias de género tanto en las vivencias de las situaciones como en la evaluación de las opciones. De manera que se realizó un ANOVA por género tanto en las situaciones como en las opciones y aquellas situaciones que mostraban una significación estadística fueron eliminadas.

Una vez aplicados estos tres criterios, observamos que 29 de las 63 situaciones planteadas cumplían con todos los requisitos para ser incluidas en la tarea experimental. Para aquellas situaciones que eran significativamente vivenciadas por los adolescentes, tanto en primera

persona como observada en los demás, no estaban sesgadas por el género, pero sus opciones (peligrosa y segura) no estaban lo suficientemente discriminadas, se retomaron de nuevo (11 situaciones). Para este grupo se volvieron a diseñar las opciones, se volvieron a evaluar con una muestra reducida de la población, de manera que quedasen bien discriminadas sus opciones. Ver Anexo 9 para observar el cuadro con las medias de la vivencia de las situaciones tanto en primera persona como observado en los otros y la evaluación de la opción peligrosa y segura en cada una de las situaciones de riesgo.

3.4. ESTUDIO NORMATIVO PARA VALIDAR LAS OPCIONES AMBIGUAS

Introducción

El contexto de las situaciones ambiguas se redactó partiendo de la información obtenida en los debates con los adolescentes, de manera que fuesen familiares para los participantes, neutrales y libres de cualquier contenido de riesgo.

Sin embargo, nos preocupaba que los cursos de acción posibles en estas situaciones ambiguas no fuesen neutrales al 50 %. Para ello diseñamos un cuestionario, donde a los participantes se les presentó una lista de situaciones ambiguas en la adolescencia, junto con opciones o dos cursos de acción posibles, y les pedimos que eligieran una de las opciones y que posteriormente nos respondieran a la siguiente pregunta:

- ¿En qué medida elegir esta conducta es un riesgo para la persona?

Respondiendo en una escala de 0 (nada riesgo) a 4 (mucho riesgo) para cada alternativa.

Por ejemplo:

SITUACION:		¿En qué medida elegir esta conducta es un riesgo para la persona?				
Es el día del padre y vas con tu amigo a una tienda para comprarle un regalo a tu padre.		0	1	2	3	4
A	Eliges una camisa de rayas	Nada riesgo	Poco riesgo	Algo riesgo	Bastante riesgo	Mucho riesgo
		0	1	2	3	4
B	Eliges una camisa de cuadros	Nada riesgo	Poco riesgo	Algo riesgo	Bastante riesgo	Mucho riesgo

Descripción de los participantes

Para aplicar este cuestionario normativo se seleccionó a una muestra de 48 participantes y distribuidos por género de la siguiente manera: Hombres = 24 participantes (50 %) y Mujeres = 24 participantes (50 %). La media de edad de la muestra completa fue de 22.41 ($DT= 2.64$), siendo en hombres la media de 23.18 ($DT= 2.12$), y en las mujeres la media de edad fue de 21.64 ($DT= 3.16$).

Finalmente para evitar el sesgo respecto al orden de presentación de las situaciones, se presentaron 3 aleatorizaciones diferentes, así la distribución de las versiones de aleatorización quedo de la siguiente manera:

- Aleatorizacion1: 16 participantes (33,3%) (8 hombres y 8 mujeres)
- Aleatorizacion2: 16 participantes (33,3%) (8 hombres y 8 mujeres)
- Aleatorizacion3: 16 participantes (33,3%) (8 hombres y 8 mujeres)

Análisis estadísticos

- Análisis del porcentaje de elección de la opción a o b (para comprobar que son equiparables)
- Análisis del grado de riesgo de las opciones.
- Análisis de la relación entre elegir la opción a y la opción b.

Los análisis realizados fueron: Análisis descriptivos, Correlación de Pearson, Pruebas T test de comparación de medias por pares y Anovas one way con el género.

Resultados del porcentaje de elecciones entre las opciones A y B

La media del porcentaje de elecciones de la opción A ($M = .51$; $DT = .20$) y B ($M = .48$; $DT = .20$), indica que ambas opciones son equiparables y no hay diferencias significativas entre elegir una opción u otra. ($t(47) = .546$; $p < .587$).

No hay diferencias significativas entre las puntuaciones de chicos (Opción A; $M = 48$ y $DT = .17$. Opción B; $M = 51$ y $DT = .17$) y chicas (Opción A; $M = 52$ y $DT = .22$. Opción B; $M = 47$ y $DT = .22$). $F(1, 47) = .923$; $p < .343$

A pesar de que la media nos indica que no hay diferencias en la elección de las opciones, hicimos un cálculo del porcentaje de elecciones para cada una de las situaciones con el objetivo de poder distinguir cuáles eran las situaciones que contenían un desequilibrio en la elección de las opciones y cuáles no. Aquellas situaciones donde la elección de las opciones tuviese un desequilibrio significativo fueron eliminadas.

Resultados de la evaluación del grado de riesgo de las opciones A y B

La media de la evaluación de las opciones en todos los participantes, fue de 0.43 (Rango: 0 = nada riesgo a 4 = Mucho riesgo) con una desviación típica de 0.35

No hay diferencias significativas entre la evaluación del riesgo de la opción A ($M = 0.39$ y $DT = .32$) y la opción B ($M = 0.47$ y $DT = .37$). ($t(47) = .294$; $p < .770$). Tampoco se apreciaron diferencias significativas entre las puntuaciones de chicos ($M = 0.39$ y $DT = .32$) y chicas ($M = 0.47$ y $DT = .37$). $F(1, 47) = 1.465$; $p < .232$

Con el objetivo de poder distinguir cuales eran las situaciones que contenían las opciones menos arriesgadas y más neutrales, se calcularan las medias para cada una de las situaciones (ver anexo 3.10).

Relación entre la opción A y la Opción B

Se hizo un análisis correlacional entre las opciones para comprobar que realmente estamos ofreciendo dos cursos de acción similares donde la opción A es percibida de la misma neutralidad que la opción B. La correlación entre las opciones A y las opciones B es de $r = .304^*$, y es significativa $p < .05$. Lo cual nos indica que las opciones son lo suficientemente similares en el grado de riesgo.

Procedimiento y criterios para seleccionar o eliminar cada situación.

Para realizar la selección de las situaciones que incluimos en el paradigma experimental, cada una de las situaciones debía superar los siguientes criterios:

1) No hubiese diferencias significativas en el porcentaje de elecciones de las opciones A y B. Para ello se aceptó una desviación típica (.21) respecto a la media del porcentaje de elecciones (.51), por lo tanto aquellas situaciones en las que el porcentaje de elecciones superaba el .72 o era inferior a .30 fueron eliminadas.

2) Las opciones “A” y “B” fuesen significativamente poco arriesgadas. Para ello, se calculó la media de la opción A (.44) y la opción B (.42) y su respectiva desviación típica (.136 y .146), de forma que todas las opciones “A” que estuviesen por encima de .34 y las opciones

“B” que estuviesen por encima de .35 serían situaciones eliminadas por tener cursos de acción excesivamente arriesgados.

3) Los cursos de acción de las opciones “A” y “B” no estuviesen significativamente diferenciados en su evaluación del riesgo. Para ello hicimos una prueba t de muestras relacionadas para cada una de las situaciones.

Una vez aplicados estos tres criterios, observamos que 59 de las 65 situaciones planteadas cumplían con todos los requisitos para ser incluidas en la tarea experimental. Por lo tanto, 6 de las situaciones fueron eliminadas por no cumplir con alguno de los tres criterios establecidos. Pero volvimos a hacer un segundo filtraje puesto que solo necesitábamos 50 situaciones en nuestro paradigma, así que revisamos el listado de medias y eliminamos las 9 situaciones que tuviesen las puntuaciones más altas en la evaluación de la riesgosisdad de sus opciones. Ver Anexo 3.10, para observar las puntuaciones medias en el porcentaje de elección de ambas opciones y la evaluación del grado de riesgo de ambas opciones en cada una de las situaciones ambiguas.

3.5. ESTUDIO NORMATIVO PARA VALIDAR LAS CONSECUENCIAS

Introducción

La tarea experimental contempla que tras la elección de una u otra opción se presenten las consecuencias. Este estudio normativo examina la valencia de las consecuencias, positiva o negativa, para conocer si la valoración de las consecuencias positivas difiere significativamente de la de las consecuencias negativas. Asimismo, este estudio permite conocer si la valoración de la valencia de las consecuencias positivas o negativas difiere en función de su contexto (situaciones ambiguas o de riesgo). Por último, se analizan las posibles diferencias de género en la valoración de la valencia de las consecuencias positivas y negativas. Aunque esta parte del material no se ha utilizado en los análisis creemos conveniente reportar todos los estudios normativos que han dado lugar a la validación de los materiales de la presente tesis.

Para ello, se construyó un cuestionario normativo para conocer cómo valoran las personas el carácter positivo o negativo de las consecuencias según una escala bipolar que va desde negativo a positivo. Con el fin de que el contexto situacional (riesgo o ambiguo) no influyera en las valoraciones, las consecuencias se presentan como sucesos aislados que pueden ocurrir en la vida cotidiana en los que hay que juzgar su grado de positividad (desde negativo a positivo).

A los participantes se les presentó una lista de sucesos (consecuencias) que provenían de situaciones de riesgo (50%) y consecuencias que provenían de situaciones ambiguas (50%) en la adolescencia, pero ellos no conocían su procedencia. Se les planteó la siguiente pregunta, correspondiente a una consecuencia negativa procedente de una situación de riesgo:

- ¿En qué medida este suceso te parece muy negativo o muy positivo?

Pudiendo responder en una escala de -5 (muy negativo) a +5 (muy positivo) para cada suceso.

SUCESOS	¿En qué medida este suceso te parece un evento muy negativo o muy positivo?										
	Negativo			Neutro					Positivo		
Pierdes el control de la moto y caes 6 metros a una huerta.	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5

Para el registro de los datos -5, se calificaba con un 0, y así sucesivamente hasta llegar a +5 que se categorizaba con un 10.

Descripción de los participantes

El cuestionario normativo se aplicó a un total de 120 estudiante, distribuidos por género de la siguiente manera: Hombres = 60 participantes (50 %) y Mujeres = 60 participantes (50 %), procedentes de los últimos cursos de Psicología. La media de edad fue de 20.60 ($DT= 1.88$).

Descripción de las variables

Para evitar el cansancio de los sujetos por la presentación de muchos ítems, se presentaron en 4 cuadernillos diferentes de forma que cada persona contestaba a un solo cuadernillo que contenía 64 ítems repartidos de la siguiente manera:

- Condición 1: Consecuencia Positiva en situaciones de riesgo → 16
- Condición 2: Consecuencia Negativa en situaciones de riesgo → 16
- Condición 3: Consecuencia Negativa en situaciones ambiguas → 16
- Condición 4: Consecuencia Positiva en situaciones ambiguas → 16

Por lo tanto, contábamos con un total de 256 consecuencias. Divididas en 128 positivas/negativas y 128 procedentes de riesgo/ambiguas.

Análisis estadísticos

- Contrastar que las consecuencias negativas sean valoradas como sucesos negativos y que las consecuencias positivas sean valoradas como sucesos positivos.
- Contrastar que las consecuencias negativas sean valoradas de modo similar en las situaciones de riesgo y las ambiguas.
- Contrastar que las consecuencias positivas sean valoradas de modo similar en las situaciones de riesgo y las ambiguas.

Resultados

Análisis sobre la valencia positiva – negativa de las consecuencias.

El contraste entre las puntuaciones medias obtenidas en la valoración de las consecuencias mostró que las consecuencias positivas ($M = 7.71$ y $DT = .38$), eran valoradas significativamente

como mucho más positivas que las consecuencias negativas ($M= 1.74$ y $DT = .45$) ($t(28) = -41,955$; $p < .01$).

Se realizó un análisis de correlación entre las consecuencias positivas y las consecuencias negativas y se observó una correlación negativa significativa entre ambas $r = -.666^{**}$. Por lo tanto, podemos decir que ambas consecuencias están lo suficientemente discriminadas en su valencia positiva-negativa, ya que los participantes han puntuado de forma positiva las consecuencias positivas y de forma negativa las consecuencias negativas.

Análisis de las consecuencias negativas en contextos de riesgo y ambiguos.

El contraste entre las puntuaciones medias obtenidas en la valoración de las consecuencias negativas mostró que no había diferencias significativas entre aquellas procedentes de situaciones de riesgo ($M = 1.71$; $DT = .42$), y aquellas procedentes de las situaciones ambiguas ($M= 1.80$; $DT= .53$). ($t(28) = -5.943$; $p < .121$). Además, se observó una correlación positiva significativa entre ambas. $.775^{**}$ $p < .01$.

Análisis de las consecuencias positivas en contextos de riesgo y ambiguos.

El contraste entre las puntuaciones medias obtenidas en la valoración de las consecuencias positivas mostró que no había diferencias significativas entre las procedentes de situaciones de riesgo ($M: 7.61$; $DT; .37$), y las procedentes de situaciones ambiguas ($M= 7.83$; $DT= .47$). ($t(28) = 3.907$; $p < .139$). Además, se observó una correlación positiva significativa entre ambas. $.755^{**}$ $p < .01$

Procedimiento y criterios para seleccionar o eliminar cada consecuencia.

Una vez obtenidas las medias de las consecuencias positivas y negativas, se ordenaron de mayor a menor de las consecuencias positivas y negativas mejor valoradas en función de si eran de riesgo o ambiguas.

Para realizar la selección de las consecuencias partimos de las puntuaciones medias de las consecuencias y añadimos dos desviaciones típicas para detectar las consecuencias atípicas y eliminarlas. En el caso de la condición 1 (Riesgo-Positiva), todas las consecuencias valoradas con una puntuación menor a 6,87 eran eliminadas, de forma que 48 consecuencias superaron el criterio y 16 fueron rechazadas. En la condición 2 (Riesgo- Negativas), todas las consecuencias valoradas por encima de 2,52 eran eliminadas, de forma que 57 consecuencias superaron el criterio y 7 fueron rechazadas. En la condición 3 (Ambiguas – Negativas), todas las consecuencias con una puntuación mayor de 2,86 eran eliminadas, de forma que 58 consecuencias superaron el criterio y 6 fueron rechazadas. Y por último, en la condición 4 (Ambiguas – Positivas), todas las consecuencias con una puntuación menor a 6,89 eran eliminadas, de forma que 56 consecuencias superaron el criterio y 8 fueron rechazadas. Ver Anexo 3.11, donde se observan las puntuaciones medias obtenidas en cada una de las consecuencias.

3.6. CONCLUSIONES

Gracias a la implementación de estos estudios normativos previos, pudimos realizar una selección y validación del material situacional que nos garantizaba una estandarización de los materiales que ejecutaríamos en el estudio conductual y posteriormente en el estudio neurofuncional, de forma que los contenidos que se incluyeron en el paradigma experimental contenía escenarios, decisiones y consecuencias ajustadas a la realidad de los adolescentes actuales que facilitaba que se sintiesen identificados con los contenidos utilizados y en consecuencia el estudio ganaba validez ecológica.

El hecho de haber considerado varios requisitos en la redacción de los escenarios (evocación directa de los adolescentes de situaciones reales, redacción en segunda persona, la presencia del grupo de iguales en todos los escenarios, control de la extensión de palabras de los escenarios), en la elaboración de las decisiones (redacción de opciones en formato acción-acción, y la extensión de las palabras), y por último en la construcción de las consecuencias (eliminar la recompensa social, para evitar la doble recompensa) junto con el apoyo de los datos estadísticos

para poder seleccionar los contenidos más frecuentes, intensos y discriminativos, nos permitió finalmente contar con un material representativo de la realidad de los adolescentes y por lo tanto tener la suficiente validez ecológica necesaria para un estudio con un perfil metodológico donde el uso de contenidos sociales es la base de la hipótesis de trabajo.

CAPITULO 4. ESTUDIO CONDUCTUAL. Toma de decisiones y procesamiento de las consecuencias en situaciones de riesgo y ambiguas.

4.1. INTRODUCCIÓN

La adolescencia se caracteriza por una mayor necesidad de regular el afecto, la cognición y el comportamiento en un momento en que la orientación de los padres disminuye y cobran mayor relevancia otras influencias sociales, como por ejemplo el grupo de iguales. Es especialmente preocupante la tendencia de los adolescentes a implicarse en comportamientos de riesgo, los cuales se caracterizan por tener una alta deseabilidad subjetiva pero contener un gran potencial de daño (Geier y Luna, 2009). Los comportamientos de riesgo incluyen la experimentación de consumo de sustancias adictivas, práctica de deportes de riesgo, participar en prácticas sexuales de riesgo, conducir de forma temeraria, tomar alcohol y otras muchas prácticas que se producen con mayor frecuencia durante la adolescencia y la primera juventud menores de 25 años (Youth Risk Behavior Survey, 2013). Este fenómeno nos conduce a pensar que los adolescentes son en general buscadores de riesgo (Casey, Jones y Hare, 2008; Steinberg, 2008).

Curiosamente, cuando los adolescentes tienen que evaluar la peligrosidad de los comportamientos de riesgo, tal como hacen los adultos, son sensibles a la probabilidad de obtener consecuencias negativas e incluso sobreestiman dichas probabilidades (Reyna y Farley, 2006). Los adolescentes también sobreestiman el potencial de recompensa que pueden obtener, lo cual puede producir que el beneficio percibido sea superior al riesgo percibido (Reyna y Farley, 2006). Esta puede ser una posible clave del incremento de comportamientos de riesgo en la adolescencia, ya que dichos comportamientos no solo pueden provocar problemas de salud sino que también pueden suponer un beneficio potencial a nivel social o emocional muy valioso para los adolescentes, como por ejemplo el aumento de la popularidad entre su grupo de iguales (Boyer, 2006; Crone y Dahl, 2012; Pfeifer y Allen, 2012). De hecho, la toma de decisiones de los adolescentes parece ser muy sensible a la presencia de señales sociales (por ejemplo, al grupo de iguales), como se puede observar en el aumento de las conductas de riesgo de los adolescentes en comparación con los adultos que se muestran menos influenciados (Gardner y Steinberg, 2005; Steinberg, 2008).

A pesar de la importancia del tema, pocos son los estudios empíricos que han analizado el proceso de toma de decisiones y evaluación de las consecuencias a lo largo de la adolescencia y juventud temprana mediante tareas conductuales de laboratorio (Crone, Bullens, van der Plas, Kijkuit y Zelazo, 2008; Harbaugh, Krause y Vesterlund, 2002; Van Leijenhorst, Westeberg y Crone, 2008; ver Boyer, 2006, para revisión). Todavía son menos aquellos estudios que han desarrollado un paradigma experimental que permita simular la toma de decisiones en situaciones sociales.

En este estudio, hemos desarrollado un paradigma experimental para analizar la toma de decisiones en situaciones de la vida real. Hemos partido de la idea de que la toma de decisiones sociales implica: a) el conocimiento de las consecuencias para su salud que trae consigo la toma de decisiones arriesgadas o seguras, y b) el impacto percibido en su popularidad con los iguales de su comportamiento de riesgo o seguro. Por ejemplo, los adolescentes pueden ser conscientes de las consecuencias negativas para su salud que se derivan de tomar decisiones de riesgo, sin embargo, podrían elegir estos comportamientos en función de las reacciones positivas que esperan recibir de su grupo de iguales; o también puede suceder a la inversa, donde la toma de decisiones seguras suponga una expectativa de obtener una reacción negativa de su grupo de iguales (Boyer, 2006). En este estudio, hemos puesto a prueba esta idea mediante la manipulación de la presencia o no de información sobre las ganancias y pérdidas en salud y popularidad frente a su grupo de iguales. La presencia de dicha información convierte la tarea en una tarea social y emocionalmente más relevante que la ausencia de dicha información, asimilándola a una versión “hot” y una versión “cold”, respectivamente (Prencipe et al, 2011; Zelazo y Cunningham, 2007).

La toma de decisiones de riesgo y las decisiones ambiguas

Cuando revisamos la literatura sobre la toma de decisiones observamos que existe una distinción entre decisiones ambiguas y decisiones de riesgo (e.g., Bechara, Damasio, Tranel y Damasio, 2005). En las decisiones ambiguas, la probabilidad de obtener un resultado específico se desconoce o está cerca del azar, por lo tanto las dos opciones no difieren en el valor de la recompensa. Por ejemplo, en una tarea donde el participante elige

por qué lado de la casa va a aparecer el próximo coche, la probabilidad de que aparezca por el lado derecho y el lado izquierdo es la misma y no hay un riesgo asociado a la elección de un lado u otro. Mientras que en las decisiones de riesgo, el resultado de la decisión también es incierto, pero la persona tiene conocimientos previos sobre la probabilidad de obtener un resultado u otro, ya que los participantes deben decidir entre una opción segura y una opción peligrosa.

Habitualmente, en la literatura de la toma de decisiones, existen muchos estudios donde han utilizado paradigmas de juego para evaluar el proceso decisional, como por ejemplo el Iowa Gambling Task (IGT; Bechara, Damasio, Damasio y Anderson, 1994), el BART (Balloon Analogue Risk Taking, (Lejuez, et al., 2002). En estas tareas se articulan una serie de reglas donde el participante debe tomar una decisión y posteriormente recibe un castigo o una recompensa en función de una regla implícita del juego. Sin embargo la toma de decisiones en las situaciones de riesgo y ambiguas de la vida cotidiana no están vacías de contenido social, sino que se realiza en función de múltiples influencias de tipo social. Por ejemplo, la presencia del grupo de iguales modifica sustancialmente la toma de decisiones durante la adolescencia (Gardner y Steinberg, 2005). En este sentido, hay pocos estudios que hayan investigado la toma de decisiones de riesgo cuando a los participantes se les presentan escenarios sociales en los cuales la presencia de los otros podría modular sus decisiones. Estos escenarios podrían requerir una habilidad de mentalización o Teoría de la Mente para poder explicar y predecir el comportamiento de los otros y poder atribuir estados mentales independientes de ellos, como son los pensamientos, creencias y deseos (Premack y Woodruff, 1978; Frith y Frith, 2003). Es por ello, que dichos escenarios sociales podrían tener una mayor demanda cognitiva que se refleje en un tiempo de respuesta más prologando que en un escenario de juego. Por esta razón, se precisa diseñar nuevos paradigmas experimentales que contemplen esta influencia social y nos permita descubrir las diferencias respecto a los habituales paradigmas de juego. Usar un paradigma u otro puede arrojarnos resultados diferentes.

Diferencias de edad y sexo en el proceso de toma de decisiones y evaluación emocional de las consecuencias

Solo hay dos estudios que analicen el proceso de la toma de decisiones de riesgo, tanto en la fase de decisión como en la evaluación emocional de los resultados, a pesar de la gran relevancia que tiene durante la adolescencia (Burnett, Bault, Coricelli y Blakemore, 2010; Habib et al., 2012). Ambos estudios se realizaron con paradigmas de juego sin un componente social. Y los resultados mostraron que en uno de los estudios la proporción de decisiones de riesgo obtenía un pico máximo a mediados de la adolescencia (15-18 años) en comparación con los adultos (25-35 años) (Burnett et al., 2010), mientras que en el otro no se encontró ninguna diferencia significativa cuando se comparó los adolescentes con los niños y los adultos más jóvenes (Habib et al., 2012). Los resultados sobre la evaluación emocional que realizaban los adolescentes sobre las consecuencias recibidas mostraron diferencias significativas, pero solo cuando se compararon los niños frente a los adultos (Burnett et al., 2010). Los jóvenes adolescentes (12-15 años) muestran una respuesta emocional mejor para la emoción positiva del alivio o la “suerte de escapar indemne” en relación con el grupo infantil (9-11 años), mientras que no se encontraron diferencias de edad para la emoción negativa del arrepentimiento. A su vez, el estudio de Habib et al., (2012), muestra que ambas emociones (positiva y negativa) eran más fuerte en los adultos que en niños y adolescentes.

Los estudios previos sobre el efecto del género muestran que los hombres toman más riesgos que las mujeres en situaciones de la vida real (Byrnes, Miller y Schafer, 1999). Sin embargo, en estudios recientes no se han encontrado diferencias de género en las conductas de riesgo real, aunque las mujeres adolescentes son más propensas a percibir las situaciones como más peligrosas que los hombres (Bohlin y Erlandsson, 2007). De hecho, los niños y los hombres tienen menor aversión al riesgo que las mujeres (Byrnes, et al., 1999; Van Leijenhorst, Westenberg y Crone, 2008; Borghans, Golsteyn, Heckman y Meijers, 2009). La ausencia de diferencias de género en las conductas de riesgo también es consistente con otros estudios de laboratorio sobre la toma de decisiones con paradigmas de juego (Galvan, Hare, Voss, Glover y Casey, 2007; Gardner y Steinberg, 2005; Van Leijenhorst et al., 2010).

Diferencias individuales

Algunos rasgos de personalidad podrían estar implicados en la toma de decisiones de riesgo. La búsqueda de sensaciones se define por la búsqueda de experiencias y sensaciones, que sean variadas, novedosas, complejas e intensas, y por la predisposición a tomar riesgos físicos y sociales para alcanzar estas experiencias (Zuckerman, Eysenck y Eysenck, 1978). Los estudios de diferencias individuales en la búsqueda de sensaciones han demostrado que las personas con puntuaciones más altas en esta variable son más propensas a involucrarse en comportamientos de riesgo que las personas con puntuaciones bajas (Boyer, 2006; Crone, Bullens, Van Der Plas, Kijkuit y Zelazo, 2008; Krain et al., 2006; van Leijenhorst et al., 2008).

En cuanto a la resistencia a la presión del grupo de iguales, existe una gran sensibilidad en la adolescencia a darle importancia al ajuste a las normas del grupo de iguales, y una divergencia mayor entre los valores de los iguales y de sus familiares, de manera que los iguales aprueban en mayor medida comportamientos más negativos. (Steinberg, 2008). La resistencia a la influencia del grupo de iguales se ha visto como una habilidad que puede ayudar a superar esta tendencia. En consecuencia, se ha encontrado que puntuaciones altas en la resistencia se relacionan con un menor porcentaje de conductas de riesgo (Monahan, Steinberg y Cauffman, 2009).

Por último, la toma de riesgos podría estar modulada por las habilidades empáticas de los adolescentes cuando se enfrentan a un escenario de riesgo (Blakemore y Coudhury, 2006). Estudios evolutivos han demostrado que la toma de perspectiva sufre cambios a lo largo del desarrollo hasta la adolescencia tardía (Blakemore y Coudhury, 2006), pero no existen muchos estudios sobre su impacto en las conductas de riesgo.

El presente estudio

Este estudio tiene como objetivo analizar la toma de decisiones y la evaluación de las consecuencias positivas y negativas ante dichas decisiones en situaciones simuladas de

la vida real que impliquen la presencia de los iguales, en varios momentos de la adolescencia y en la juventud temprana. Por tanto, en este estudio centraremos nuestro análisis en dos etapas importantes de la toma de decisiones; a) el proceso de elección de una alternativa (en las situaciones de riesgo, podrán elegir entre una opción segura y una opción peligrosa, mientras que las situaciones ambiguas podrán elegir dos cursos de acción neutros), midiendo el porcentaje de elecciones y el tiempo de decisión, y b) las consecuencias que se derivan de la toma de decisiones realizada previamente (estas consecuencias pueden ser positivas o negativas), midiendo la evaluación emocional de las consecuencias y el tiempo de evaluación. En ambos casos, tipo de elecciones y de consecuencias, se utilizarán los materiales extraídos de los estudios normativos del capítulo anterior.

La tarea de decisiones en contextos sociales (TDCS) incluye la presentación de situaciones en las que los participantes realizan decisiones y observan sus consecuencias. Los participantes, se ven involucrados en situaciones donde se les presentan opciones peligrosas/seguras (por ejemplo beber mucho o permanecer sobrio) o decisiones con opciones neutras (por ejemplo comer una hamburguesa o comer un hot dog). El paradigma experimental supone la manipulación del tipo de situación (situaciones de riesgo y situaciones ambiguas) y tipo de consecuencia (positiva y negativa). Además, se elaboraron dos versiones diferentes del paradigma experimental (con o sin Feedback). La presencia de feedback implica que después de observar las consecuencias, los participantes tienen información sobre el impacto de las mismas en la salud y en la popularidad entre iguales. La medida será el tiempo en que los participantes están observando la información en la versión del feedback. Por el contrario, esta información no está presente en la condición de no feedback.

Esperamos que la presencia de feedback incremente el porcentaje de elecciones de riesgo e incluso disminuya el tiempo de decisión, teniendo en cuenta de que se trata de una condición que activa las tendencias hacia el riesgo. Por su parte, no está tan claro el impacto del feedback sobre la evaluación de las consecuencias, ya que no contamos con expectativas previas al respecto. Teniendo en cuenta que el mayor impacto emocional de

las consecuencias negativas puede llevar a disminuir la tendencia al riesgo, y que esperamos por el contrario aumentar esta tendencia, podríamos esperar una disminución del impacto emocional de las consecuencias negativas en las situación de riesgo en la versión con feedback. Además es en esta versión donde los participantes conocen el impacto no solo negativo sino también positivo entre los iguales lo cual les llevaría también a esa disminución en el impacto emocional. En cualquier caso, la manipulación de esta variable (con/sin feedback), nos permitirá conocer cuál es la versión de la tarea más óptima y representativa de las situaciones reales de la vida cotidiana, y así poder seleccionarla para realizar posteriormente el estudio de neuroimagen, que explicaremos en el siguiente capítulo.

El estudio también pretende, como segundo objetivo, examinar las variaciones en los procesos de toma de decisiones y de evaluación de consecuencias en función de la edad, el sexo y las diferencias individuales. En base a estudios previos revisados anteriormente, podríamos esperar incrementos en función de la edad en el porcentaje de elecciones de riesgo. Además podrían esperarse efectos de edad en la menor intensidad de la evaluación emocional de las consecuencias recibidas por los adolescentes solo respecto al grupo de jóvenes adultos ya que no tenemos un grupo de niños para realizar la comparación. En cuanto al sexo, cabría esperar que las mujeres, quienes usualmente tienen una mayor aversión al riesgo, les pudiera afectar en mayor media que a los hombres la condición de feedback que tiende a reforzar las tendencias de riesgo.

También investigamos el impacto de las diferencias individuales en la toma de decisiones, usando escalas de evaluación de la búsqueda de sensaciones, resistencia a la influencia de los iguales y la empatía. Esperamos que los participantes con mayor búsqueda de sensaciones realicen un mayor porcentaje de elecciones de riesgo en la TDCS, mientras que aquellos con mayor resistencia a la influencia de los iguales y mayor empatía mostrarían un menor porcentaje de conductas de riesgo. Como novedad, hemos intentado contrastar los resultados de la TDCS, además de con los constructos basados en autoinforme, con tareas de toma de decisiones computerizadas (*The Balloon Analogue Risk Task*, BART). Esta tarea evalúa también la toma de decisiones de riesgo en contextos no

sociales ya que se trata de inflar un globo que tiene determinada probabilidad de explotar. Estudios previos en una muestra de 18-25 años muestran que un mayor grado de riesgo en el BART se asoció a la búsqueda de sensaciones, impulsividad y deficiencias en el autocontrol de la conducta (Lejuez et al., 2002). También se asoció un mayor riesgo en el BART con el auto-informe de conductas adictivas y comportamientos de riesgo para la salud y la seguridad. A raíz de estos estudios, el BART comenzó a aplicarse a participantes en la adolescencia media (14-17 años). Los estudios indican que el grado de riesgo en BART estaba relacionado con una gran variedad de comportamientos de riesgo auto-informados como son el abuso de sustancias, la ludopatía, los comportamientos delincuentes y el comportamiento sexual de riesgo (Aklin, Lejuez, Zvolensky, Kahler y Gwadz, 2005; Lejuez et al., 2005; Lejuez et al, 2007). Por tanto esperamos que el nivel de riesgo en la tarea BART pudiera predecir un mayor porcentaje de elecciones de riesgo y un menor tiempo en la toma de decisiones en la TDCS. Hay que tener en cuenta que la TDCS implica tomar decisiones reales realizadas en escenarios de riesgo simulados. Por lo tanto, cabría esperar que el nivel de riesgo del BART, que también implica una toma de decisiones reales, sería un mejor predictor de las medidas de la TDCS que las medidas de auto-informe.

En suma, los resultados de este estudio permiten examinar el efecto del feedback sobre la salud y la popularidad sobre la toma de decisiones y la evaluación emocional de las consecuencias en los adolescentes y jóvenes, y las posibles variaciones debido a la edad, el sexo y las diferencias individuales.

4.2. MÉTODO

Participantes

Participaron un total de 256 chicos y chicas (50% chicos) reclutados en un Instituto de Educación Secundaria de Tenerife, pertenecientes a cuatro grupos de edad: 64 Adolescencia temprana (13-14 años; 32 hombres y 32 mujeres; $M= 13.5$ y $DT= 0.5$), 64 de Adolescencia media (15-16 años; 32 hombres y 32 mujeres; $M= 15.6$ y $DT= 0.5$), 64 de

Adolescencia tardía (17-18 años; 32 hombres y 32 mujeres; $M= 17.5$ y $DT= 0.5$) y 64 de Jóvenes Adultos (19-20 años; 32 hombres y 32 mujeres; $M= 19.5$ y $DT= 0.5$). Todos los participantes contaban con un estatus socioeconómico medio y se contó con el consentimiento escrito de los padres previo al comienzo de la sesión de evaluación. El procedimiento de evaluación fue aprobado por el Comité de Ética de la Investigación y el Bienestar Animal de la Universidad de La Laguna.

Instrumentos

Escala de Búsqueda de Sensaciones (Zuckerman et al., 1978; Versión española Pérez y Torrubia, 1986). Se trata de un cuestionario de 40 ítems, donde el formato de la escala es de elección forzosa de una de las dos alternativas de que consta cada uno de los 40 ítems (SI o NO), de forma que a los participantes se les pide que indiquen si están de acuerdo o no con el ítem presentado. Esta escala consta de 4 subescalas de 10 ítems cada una de ellas: a) Búsqueda de emociones y aventuras (BEM), el deseo de realizar actividades al aire libre que impliquen sensaciones y riesgos inusuales; b) Búsqueda de experiencias (BEX); hace referencia a la búsqueda de nuevas experiencias sensoriales o mentales a través de opciones no convencionales, c) Desinhibición (DES), la preferencia por actividades “fuera de control” tales como fiestas salvajes, beber o variedad sexual y d) Susceptibilidad al aburrimiento (SAB); intolerancia a la repetición o a la gente aburrida y la inquietud ante esta situaciones. Cada subescala da lugar a una puntuación, existiendo además una puntuación total que sería la suma de las puntuaciones obtenidas en las cuatro subescalas. Zuckerman, Eysenck y Eysenck (1978) señalan fiabilidades internas de la escala total entre un rango de 0.83 a 0.86, y las fiabilidades establecidas para las otras cuatro subescalas en un rango entre 0.56 y 0.82. El coeficiente alfa de la muestra actual era de 0,70.

Índice de Reactividad Interpersonal (IRI; Davis, 1980; Adaptación española: Pérez-Albéniz, De Paúl, Etxeberría, Montes y Torres, 2003). Es un cuestionario de 28 ítems autoreportados que evalúa los procesos cognitivos (Toma de perspectiva y escala de fantasía) y afectivos (preocupación empática y escala de distress personal), aspectos de la

empatía. Los participantes responde a cada ítem usando una escala Likert de 5 puntos con una rango desde 0 (no me describe bien) hasta 4 (me describe muy bien). La escala toma de perspectiva evalúa la tendencia a adoptar espontáneamente el punto de vista psicológico de los demás. La escala de Fantasía evalúa la tendencia de los encuestados a identificarse con los personajes de ficción, como personajes de libros o películas. La escala de preocupación empática hace referencia a la preocupación de los encuestados por los demás y se nutre de sentimientos de calidez y compasión. La escala de distress personal evalúa los sentimientos autorientados de ansiedad y las molestias derivadas de situaciones interpersonales tensas. Se calcularon las puntuaciones individuales para cada escala. El coeficiente alfa para la muestra actual fue de 0.72.

Resistencia a la influencia de los iguales (RPI; Steinberg y Monahan, 2007; traducción ad hoc para este estudio). Este cuestionario presenta a los participantes 10 pares de frases y les pide que elijan la frase que mejor les describe (Ítem de ejemplo; “Algunas personas están de acuerdo con sus amigos solo para tenerlos contentos” PERO “Otras personas no están de acuerdo con lo que sus amigos quieren hacer, a pesar de que saben que esto les va a disgustar”. Después de indicar el mejor descriptor, al participante se le pregunta si dicha descripción es “Algo de verdad para él” o “Realmente es una verdad para él”. Las respuestas fueron codificadas en una escala de 4 puntos, para el descriptor de la izquierda: “Realmente verdad para mi” (1), “Algo de verdad para mi” (2); y para el descriptor de la derecha: “Algo de verdad para mi” (3) “Realmente verdad para mi” (4); Las puntuaciones más altas indican una mayor resistencia a la influencia de los iguales. La consistencia interna de la escala indica que la medida demuestra una fiabilidad adecuada y comparable (Alfa de Cronbach .76). El coeficiente alfa de la muestra actual fue de 0.76

The Balloon Analogue Risk Task (BART; Lejuez et al., 2002), disponible en <http://pebl.sourceforge.net/battery.html>, un web de software libre que incluye una batería de tareas computarizada. La tarea se adaptó para el uso de participantes españoles, modificando el idioma de la pantalla y las instrucciones hacia el español. La BART se presentó en un ordenador en una sala experimental. En concreto, en la pantalla se mostraba una simulación de un globo pequeño, acompañado por una tecla de inflado del globo, y por

otra tecla de reinicio etiquetada como “Recoger €”. En la pantalla se mostraba la cantidad de dinero ganada en total de forma permanente (Ganancia Total), y de forma paralela se mostraba la ganancia obtenida en el último globo, siendo etiquetado como “Ultimo globo”. Cada clic en la bomba de inflado del globo aumentaba las dimensiones en 0,3 cm en todas las direcciones. Con cada clic en la bomba de inflado, se acumulaban 5 céntimos de € en una reserva temporal (la cantidad de dinero que hay en esta reserva no se le mostraba al participante). Cuando un globo explotaba, se generaba por el ordenador un sonido de estallido del globo (“pop”), todo el dinero del banco temporal se perdía y aparecía en la pantalla el siguiente globo desinflado. En cualquier momento durante cada globo, el participante podía dejar de inflar el globo y hacer clic en el botón de “Recoger €”. Al hacer clic en este botón se transfería todo el dinero del banco temporal hacia el banco permanente, en el cual los nuevos ingresos totales se actualizarían de forma incremental, mientras que los participantes escuchaban un sonido de cobro similar a las máquinas tragaperras. Después de la explosión de cada globo o recolección del dinero, el globo desaparecía de la pantalla y aparecía un nuevo globo desinflado hasta completar un total de 90 globos. Estos 90 globos comprendían 3 tipos de globos diferentes (Azul, amarillo y naranja). Cada tipo de globo tenía una probabilidad diferente de explotar. De manera, que la probabilidad de que un globo azul explotara en el primer clic de inflado era de $1/128$, así el punto medio de infladas era de 64. Si el globo no explotaba en la primera inflada, la probabilidad de que estallara en la segunda inflada era de $1/127$ y de $1/126$ en la tercera inflada, y así sucesivamente hasta la inflada número 128, en la que la probabilidad de estallar sería de $1/1$ (es decir, 100%). La probabilidad de un globo amarillo explotara en la primera inflada era de $1/32$, así que el punto medio de infladas era de 16 infladas. La probabilidad de que un globo naranja explotara era de $1/8$, así que el punto medio de infladas era de 4. Esto es una forma de modelar las situaciones del mundo real en el que un riesgo excesivo a menudo produce rendimientos decrecientes y suponen una amenaza creciente a nuestra salud y seguridad, cada inflada sucesiva en cualquier globo; a) aumentaba la cantidad de dinero que se perdía si se producía una explosión y b) disminuía la ganancia relativa de una inflada adicional. A los participantes no se les dio información detallada de la probabilidad de explosión de los globos, y no se les informó que el color de cada globo implicaba probabilidades de explosión diferentes. Se les dijo que los globos

explotarían en cualquier momento y que esta explosión podría ocurrir tanto en la primera inflada como a lo largo de todo el proceso hasta que el globo se hubiese inflado tanto como para ocupar toda la pantalla del ordenador (ver instrucciones en anexo 4.1.)

Tarea experimental

La tarea de Toma Decisiones en Contexto Sociales (TDCS: Rodrigo, Padrón, de Vega y Ferstl, 2014). La TDCS es una tarea computerizada cuyo objetivo es evaluar el proceso de toma de decisiones de riesgo y la evaluación emocional de las consecuencias en escenarios sociales con presencia del grupo de iguales durante la adolescencia y la juventud. Para ello se diseñó un paradigma de toma de decisiones en contextos sociales novedosa donde se le pidió a los participantes que se implicaran en situaciones narradas donde tenían que tomar decisiones de peligrosas/seguras (por ejemplo beber mucho o permanecer sobrio) en escenarios de riesgo (40 escenarios), o decisiones neutras (por ejemplo comer una hamburguesa o comer un hot dog) en escenarios ambiguos (40 escenarios). La elaboración de ambos materiales (escenarios de riesgo y ambiguos) fueron validados por estudios normativos tal y como describimos en capítulo 3.

Ejemplo situación de riesgo: “Estas con tus amigos en la playa y deciden ir a lo alto de una roca para tirarse al mar.”, posteriormente se les presentan dos elecciones posibles (Una elección es de riesgo y otra no lo es), por ejemplo: a) Te tiras al mar (elección de riesgo), a continuación se les presenta varias consecuencias: Positiva “Te da un subidón increíble y solo piensas en repetir” o Negativa “Te golpeas contra el fondo y te partes un brazo”. Sin embargo si hace una elección de no riesgo, por ejemplo: b) “Te bajas hacia la playa”, siempre se les ofrecerá una consecuencia positiva: “La chica que te gusta te acompaña en el paseo hacia la playa”.

Ejemplo situación Ambigua: “Sales a cenar con tus amigos a una pizzería famosa, y estas mirando la carta para elegir una pizza.” posteriormente se les presentan dos elecciones neutras: a) Te comes una pizza Prosciutto b) Te comes una pizza Cuatro Estaciones. Después se les presenta varias consecuencias independientemente de la elección realizada;

Positiva “Estaba buenísima y el camarero te regala un gran helado de postre” o Negativa “La pizza estaba en mal estado y te ingresan en el hospital por intoxicación”.

La secuencia de presentación de los eventos era igual tanto para los ensayos de riesgo como para los ambiguos (ver Figura 4.1). Los pasos eran los siguientes: 1) Presentación de los escenarios en segunda persona “tu” y acompañado de un amigo o familiar íntimo de manera auditiva; 2) Presentación de las dos opciones alternativas para que se decidieran por una de ellas; 3) Presentación de la consecuencia positiva o negativa en función de una tabla preestablecida de contingencias que los participantes no conocían; 4) Tarea de evaluación emocional “¿Cómo te sientes con lo que te acababa de suceder?” usando una escala bipolar desde -5 (extremadamente mal) hasta +5 (extremadamente bien). Cada ensayo era independiente sin tener en cuenta lo respondido en ensayos anteriores; 5) En la mitad de las versiones experimentales, se les mostraba un feedback con la puntuación obtenida en popularidad y salud, donde se le informaba a los participantes que las ganancias o pérdidas en la popularidad con el grupo de iguales y la salud dependía de las elecciones realizadas y de las consecuencias positivas o negativas recibidas.

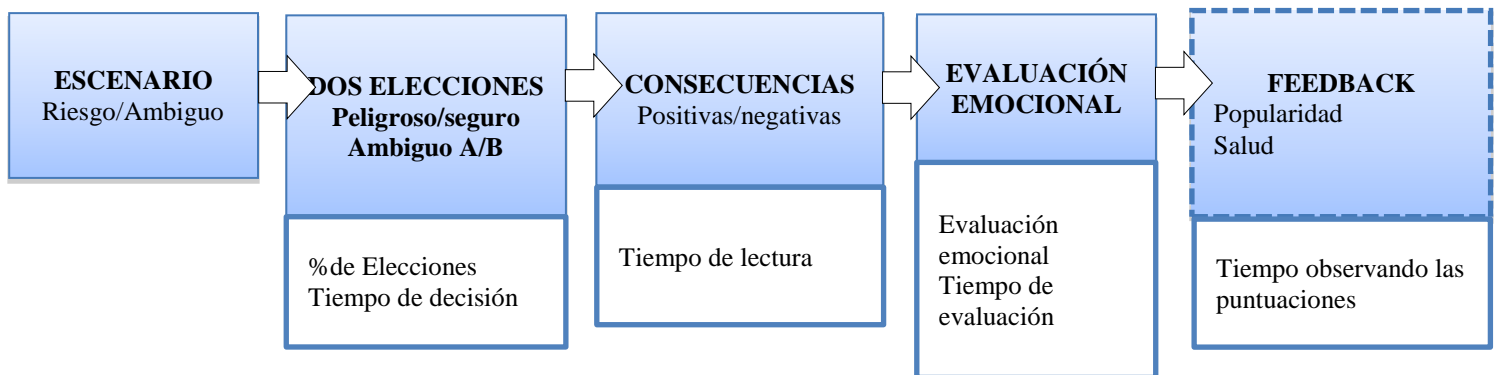


Figura 4.1. Secuencia de los ensayos (Cuadros azules) y las medidas registradas (Cuadros Blancos). Observe que el Feedback (Cuadro de líneas discontinuas) solo se mostrara en la condición de feedback (La mitad de las condiciones).

La tarea se diseñó a través de una aplicación telemática, utilizando el toolbox Cogent2000 version1.29, implementado en el software Matlab versión 7.6.0.324 (R2008a).

A los participantes se les presentaba los escenarios ambiguos o de riesgo de forma auditiva y las opciones y las consecuencias en formato escrito. La presentación de cada pieza de información era autoadministrada, lo que permitía registrar el porcentaje de elecciones, el tiempo de decisión, la evaluación emocional y el tiempo de evaluación. Los 80 ensayos (40 de riesgo y 40 ambiguas) estaban separados por un intervalo inter-ensayo de 5 segundos, y precedidos de una fase de práctica con 5 ensayos. Los resultados estaban prestablecidos por el experimentador siguiendo una tabla de contingencias (Tabla 4.1). Las ganancias en el estatus de salud se obtenían desde las elecciones de riesgo, las elecciones seguras y las elecciones neutras con consecuencias positivas, mientras que las ganancias en popularidad con el grupo de iguales solo se obtenían al tomar decisiones de riesgo, ya sea con consecuencias positivas o negativas, simulando lo que suele ocurrir en los contextos sociales del grupo de iguales. Cuando hay presencia de feedback, en cada ensayo se le añade una pantalla que muestra una puntuación de las ganancias y las pérdidas en salud y popularidad respecto al grupo de iguales. Las puntuaciones en popularidad y salud se mostraban una vez para cada evento (ver tabla 4.1), pero la puntuación acumulada en la tarea se mostraba cada 10 ensayos.

Tabla 4.1. Tabla de contingencias entre las elecciones, las consecuencias y el feedback de popularidad y salud.

CONTINGENCIAS		FEEDBACK	
Elección	Consecuencia	Popularidad	Salud
Elección peligrosa	Negativa	+10	-30
Elección peligrosa	Positiva	+30	+10
Elección Segura	Positiva	-30	+30
Elección Neutra	Negativa	0	-30
Elección Neutra	Positiva	0	+10

Con el objetivo de evitar un efecto de deseabilidad social en la elección de opciones peligrosas, creamos una manipulación del orden de presentación de las consecuencias

positivas y negativas, de manera que dividimos el número total de situaciones (80 situaciones), en dos bloques de presentación (a los participantes no se les informo de esta manipulación). En el primer bloque se presentaron 40 situaciones (20 de riesgo y 20 ambiguas), y en el segundo bloque 40 situaciones (20 de riesgo y 20 ambiguas). La presentación de las consecuencias en el primer bloque siguió la siguiente proporción: Consecuencias positivas en un 75 % de las situaciones, y consecuencias negativas en un 25 % de las situaciones. Y esta proporción de la presentación de las consecuencias es igual tanto para las 20 situaciones neutras como en las 20 situaciones de riesgo.

De esta forma, al tener un primer bloque donde los participantes podían arriesgarse y obtener en ocasiones consecuencias positivas, comprendían que era posible realizar elecciones peligrosas y salir indemne, y evitar el efecto de solo elegir cursos de acción marcados por lo que socialmente se espera (elecciones seguras). Sin embargo en el segundo bloque, el porcentaje de consecuencias positivas y negativas era diferente para las situaciones de riesgo que para las situaciones ambiguas, de forma que en las situaciones de riesgo se mostraban consecuencias negativas en un 75 % de las veces, y consecuencias positivas en un 25 %, mientras que en las situaciones ambiguas se mostraba al 50 % tanto consecuencias positivas como negativas. Además, para que los sujetos se sintiesen libres de tomar las decisiones, se les garantizó la confidencialidad de sus decisiones frente a sus padres, profesores o tutores. Además, tanto en el primer como en el segundo bloque el orden de presentación de situaciones ambiguas y situaciones de riesgo mantenía el criterio de no presentar más de 3 situaciones ambiguas seguidas.

Procedimiento

Se contactó con un Instituto y una escuela de Formación Profesional que tuviesen un alumnado con edades comprendidas entre 13 y 20 años. Una vez obtenido el permiso de la dirección del centro, procedimos a la presentación del estudio al alumnado y anotar a aquellos alumnos que quisieran participar de forma voluntaria. La recogida de datos se realizó en una sola sesión de una hora aproximadamente.

Los instrumentos y la tarea situacional se administraron de forma individual en una habitación tranquila del instituto. A todos los participantes se les informó de que recibirían un bono por participar en el estudio de manera que optarían a ganar un ordenador portátil en un sorteo al azar que se realizaría al finalizar la recogida de datos. El tiempo de ejecución de los cuestionarios y la tarea BART, variaba entre 30 y 40 minutos, mientras que el tiempo de ejecución de la tarea TDCS variaba entre 20 y 25 minutos en función de los tiempos de reacción de los participantes.

En concreto, en la tarea situacional (TDCS), a los participantes se les instruyó para que se imaginasen que eran chicos o chicas, según el caso, con un nivel medio de popularidad entre sus amigos, pero que les gustaría mejorarla mostrándose como una persona divertida y enrollada, sin perder la salud por ello. Les pedíamos que se imaginasen en la situación y que decidieran libremente qué opción tomar en función de su interés. Además se les avisaba de que sus decisiones tendrían efecto en las consecuencias que recibirían. Algunas situaciones eran más peligrosas y podrían tener, aunque no siempre, consecuencias con un gran impacto en su salud y popularidad. También se les dijo que no siempre tomar las decisiones más arriesgadas tendría por qué conllevar consecuencias negativas, y que otras decisiones más cotidianas podrían tener o no impacto según sus consecuencias.

Por otro lado, a los participantes de la condición con feedback, se les añadía que comenzaban el juego con 300 puntos de popularidad y 300 en salud, que podían subir o bajar en función de las decisiones que tomasen y las consecuencias recibidas, además los participantes debían vigilar que la salud no bajase de 0 puntos pues habrían finalizado el juego. La puntuación acumulada que iban obteniendo en el juego se les mostraba cada 10 ensayos y el objetivo era alcanzar el mayor número de puntos, pues se correspondería con una mayor probabilidad para obtener un obsequio en un sorteo posterior a la recogida de datos.

La tarea se administró de forma individual en una habitación tranquila del instituto. A todos los participantes se les informó de que recibirían un bono por participar en el

estudio de manera que optarían a ganar un ordenador portátil en un sorteo que se realizaría al finalizar la recogida de datos. El tiempo de ejecución variaba entre 20 y 25 minutos en función de los tiempos de reacción de los participantes.

Diseño

En este estudio se utilizó un diseño factorial mixto con variables intragrupo; Tipo de situación (riesgo/ambiguo) x Tipo de elección (En riesgo: peligrosa o segura. En ambiguas: A o B) x Tipo de consecuencias (Positiva o negativa) y como variables intergrupo Feedback (presencia/ausencia) x Edad (4 grupos) x Sexo (2 grupos). Las variables dependientes son el Porcentaje de elecciones, el tiempo de decisión, el tiempo para leer las consecuencias, la evaluación emocional y el tiempo para realizar la evaluación emocional.

En todos los casos se realizaron ANOVAs, T-Test y la corrección de Bonferroni post hoc en aquellas comparaciones que era necesario. Las puntuaciones de tiempo que eran superiores o inferiores a 3 DT de la media general en cada una de las variables dependientes se consideraron valores atípicos y se excluyeron de este análisis (una media del 2% de los datos). Sólo se reportan los resultados significativos.

4.3. RESULTADOS

FASE DE DECISION

Porcentaje de elecciones peligrosas y seguras en las situaciones de riesgo

Con respecto a la toma de decisiones en las situaciones de riesgo se observa que el porcentaje de elecciones peligrosas ($M = 38.25$; $DT = 22.32$) es menor que el porcentaje de opciones seguras ($M = 61.75$; $DT = 22.40$), $F(1, 254) = 110.691$, $p = .000$. Si observamos la distribución del porcentaje de elecciones peligrosas y seguras en función de los grupos de

edad, no aparecen diferencias significativas en ninguno de los grupos $F(3, 252) = 1.818, p > .10$, aunque la tendencia es a producirse un cierto incremento de las elecciones peligrosas con la edad (Figura 4.2), pero sin ser significativo.

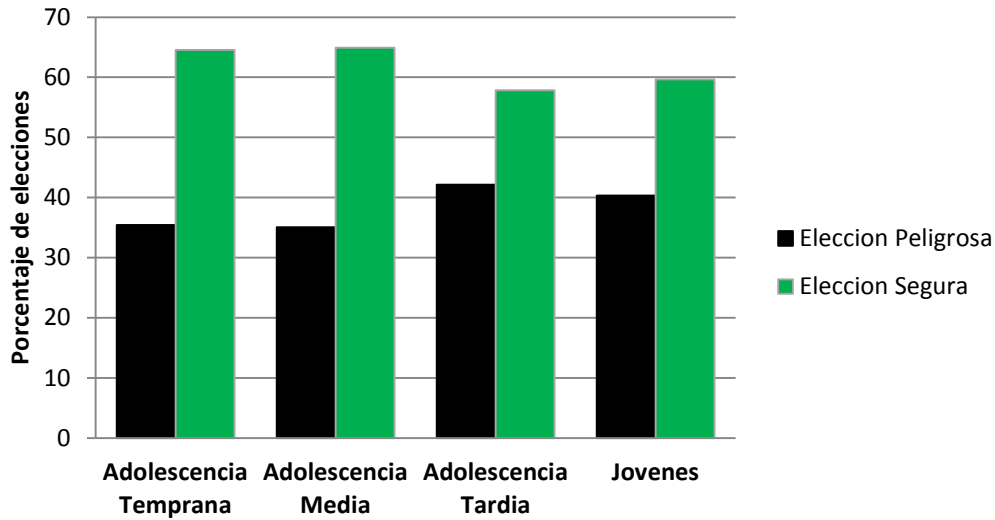


Figura 4.2. Porcentaje de elecciones seguras y peligrosas en función de la edad.

No se obtuvieron diferencias significativas en función el sexo, $F(1, 254) = .007, p > .10$ (Figura 4.3)

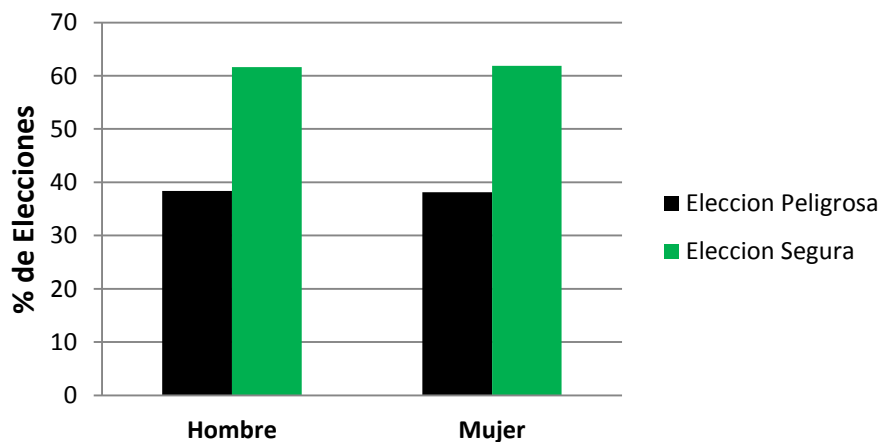


Figura 4.3. Porcentaje de elecciones seguras y peligrosas en función del sexo.

Cuando analizamos los resultados obtenidos del porcentaje de elecciones peligrosas o seguras en función de las versiones del paradigma experimental, encontramos una interacción significativa entre la versión y el tipo de elección, $F(1, 254) = 64.332, p < .001$, de forma que el porcentaje de elecciones peligrosas es mayor en la versión con feedback ($M = 47.49; DT = 19.82$) que en la versión sin feedback ($M = 29.01; DT = 20.06$), $t(256) = 8.085, p < .001$. Sin embargo, el porcentaje de elecciones seguras es mayor en la versión sin feedback ($M = 70.99; DT = 20.14$) que en la versión con feedback. ($M = 52.49; DT = 20.03$) $t(256) = -7.941, p < .001$. Ver figura 4.4.

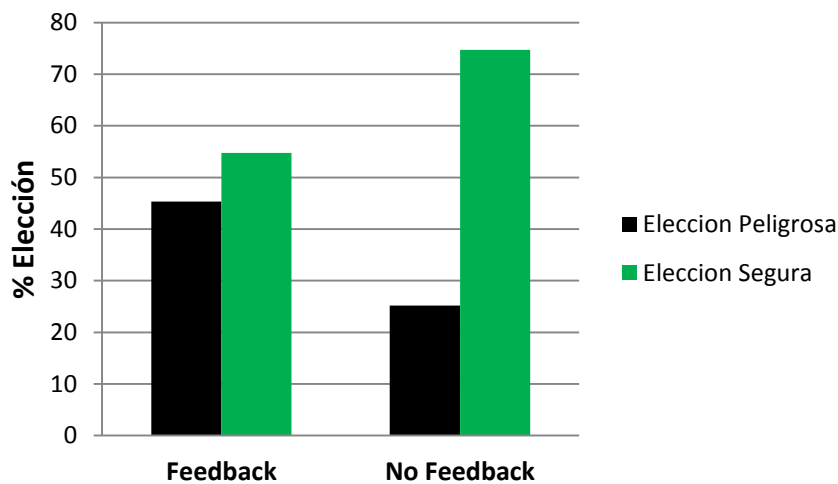


Figura 4.4. Porcentaje de elecciones seguras y peligrosas en función de las versiones de la tarea, con feedback y sin feedback.

Tiempo de decisión en las situaciones de riesgo

Cuando analizamos el tiempo que tardan los participantes en tomar una decisión, tardan significativamente más tiempo en realizar una elección en situaciones de riesgo ($M = 5248; DT = 1225$) que en situaciones ambiguas ($M = 4421; DT = 1021$), $F(1, 207) = 38.66, p < .001$ y no se encontraron diferencias significativas por edad ni por sexo. Dentro de las situaciones de riesgo se encontró una interacción significativa del feedback con las elecciones peligrosas y seguras en el tiempo de decisión, $F(1, 207) = 7.39, p < .01$, pero no se hallaron efectos significativos por edad o sexo. Los tiempos de decisión no difieren entre

la opción peligrosa y la opción segura bajo la condición de feedback, sin embargo el tiempo de decisión en la elección peligrosa ($M = 5429$; $DT = 1486$) fue significativamente mayor que en la elección segura ($M = 4949$; $DT = 1388$) cuando se realizaba en la condición sin feedback, como se ilustra en la Figura 4.5.

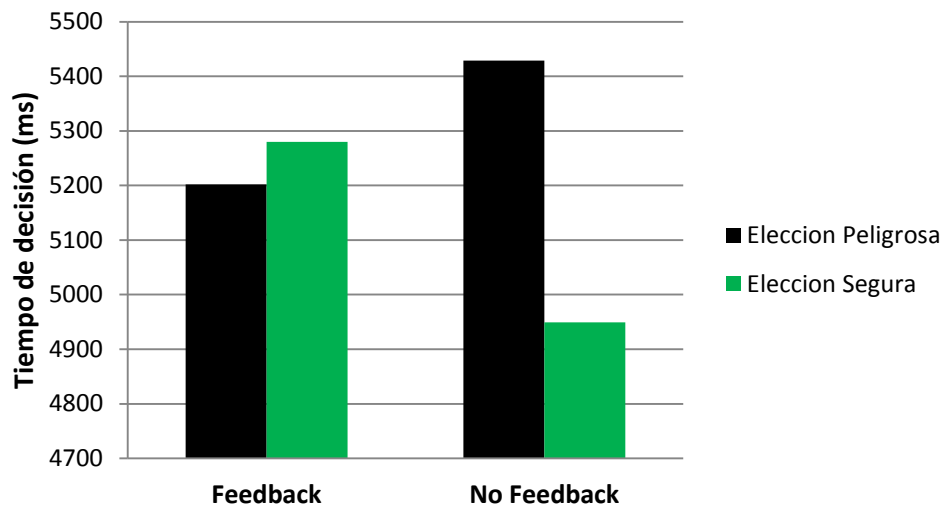


Figura 4.5. Tiempo de decisión de elecciones seguras y peligrosas en función de la versión de la tarea.

En cuanto a la edad, se encontró un efecto facilitador en el tiempo que tardan en tomar una decisión en situaciones de riesgo $F(3, 252) = 4.72, p < .05$. Comparaciones post hoc nos muestran que el grupo de la adolescencia temprana gasta más tiempo en la toma de decisiones en situaciones de riesgo que el grupo de la adolescencia media ($p < .05$), la adolescencia tardía ($p < .05$) y los jóvenes adultos ($p < .05$). Se encontró una interacción significativa de la edad con el tiempo de decisión de las elecciones peligrosas y seguras, $F(1, 205) = 3.21, p < .05$, ver Figura 4.6. Los tiempos de decisión en la adolescencia temprana y la adolescencia media no difieren significativamente entre las elecciones peligrosas y seguras, mientras que en adolescencia tardía y la juventud invierten significativamente más tiempo en decidir en las elecciones peligrosas que en las elecciones seguras. ($p < .05, p < .05$, respectivamente).

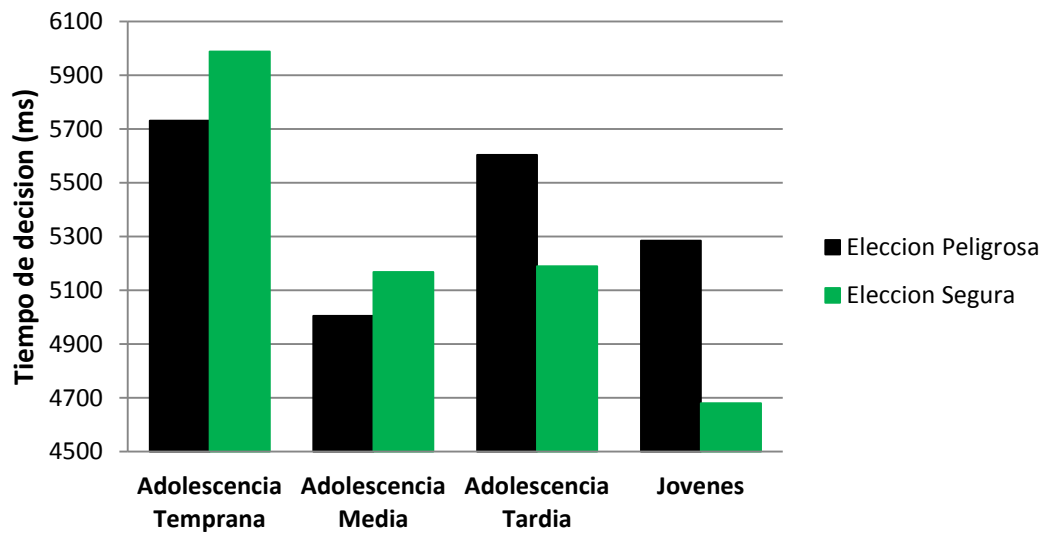


Figura 4.6. Tiempo de decisión de las opciones seguras y peligrosas en función de la edad

En general, los hombres ($M = 5512$; $DT = 1477$) tardan más tiempo en tomar una decisión que las mujeres ($M = 5160$; $DT = 1297$), $F(1, 207) = 7.90$, $p < .01$). Sin embargo, existe una interacción de sexo con las elecciones peligrosas y seguras, mostrando que las mujeres utilizan más tiempo en decidir en las elecciones peligrosas ($M = 5365$; $DT = 1258$), que en las elecciones seguras ($M = 4955$; $DT = 1337$), mientras que en los hombres no existía esta diferencia, como vemos en la figura 4.7.

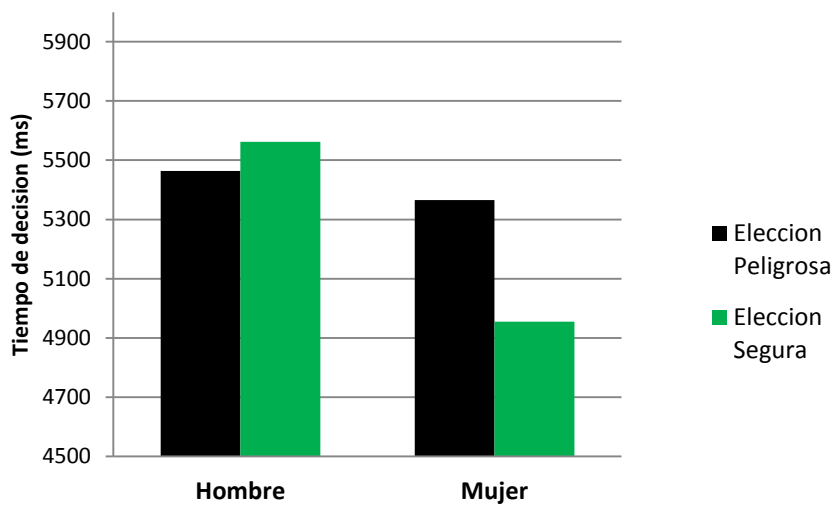


Figura 4.7. Tiempo de decisión de elecciones seguras y peligrosas en función del sexo.

Porcentaje de elección y tiempo de la toma de decisiones de las situaciones ambiguas

A pesar de que las dos opciones son neutras, los resultados obtenidos nos muestran que existe una diferencia significativa en la elección que realizan los participantes en las situaciones ambiguas, de forma que la opción A la eligen un 51.26 % (DT = 6.33) y la opción B en un 48.73 % (DT = 6.33), $F(1, 254) = 10.085$, $p < .01$. No hubo diferencias por edad, por sexo ni por versión de la tarea. Tampoco se observaron diferencias por edad, sexo y versión en los tiempos de decisión

FASE DE CONSECUENCIAS

Tiempo de lectura de las consecuencias.

El análisis del tiempo que tardan los participantes en procesar las consecuencias positivas y negativas, nos indica que tardan significativamente más en leer las consecuencias negativas ($M = 4301$; $DT = 1370$) que las consecuencias positivas ($M = 3942$; $DT = 1350$), $F(1, 206) = 53.900$, $p < .001$. Además, invierten más tiempo en la lectura de las consecuencias procedentes de las situaciones ambiguas ($M = 4202$; $DT = 993$) que en las consecuencias procedentes de situaciones de riesgo ($M = 3750$; $DT = 1104$) $F(1, 204) = 10.702$, $p < .001$.

Si analizamos el tiempo que se tarda en leer las consecuencias en función del grupo de edad, observaremos que no existen diferencias significativas en los tiempos de lectura entre los 4 grupos de edad, aunque la tendencia nos muestra que a medida que tienen más años la lectura se realiza de forma más rápida.

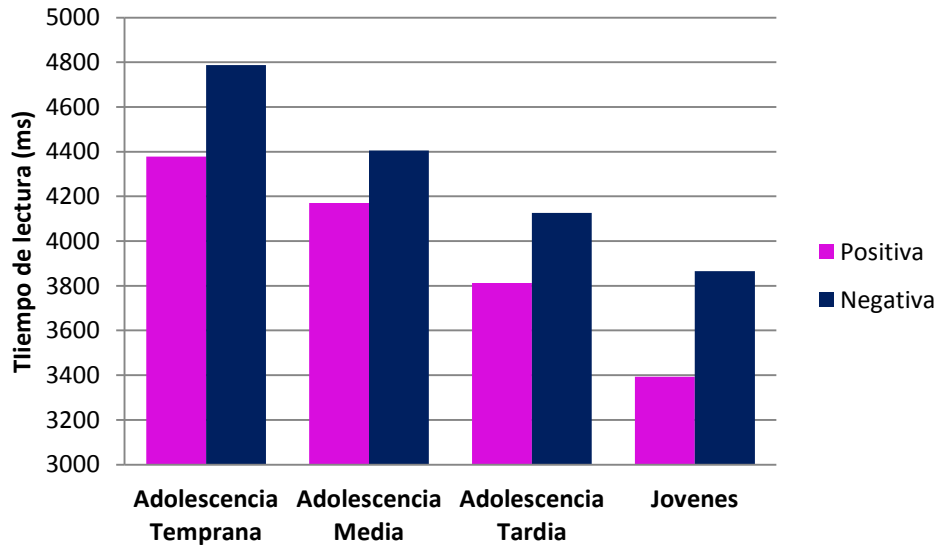


Figura 4.8. Tiempo de lectura de las consecuencias en función de la edad.

Además, existe un efecto principal del género de forma que las chicas ($M = 3841$; $DT = 1259$) tardan significativamente menos en leer las consecuencias (tanto positivas como negativas) que los chicos ($M = 4376$; $DT = 1461$), $F(1, 206) = 8.462$, $p < .01$.

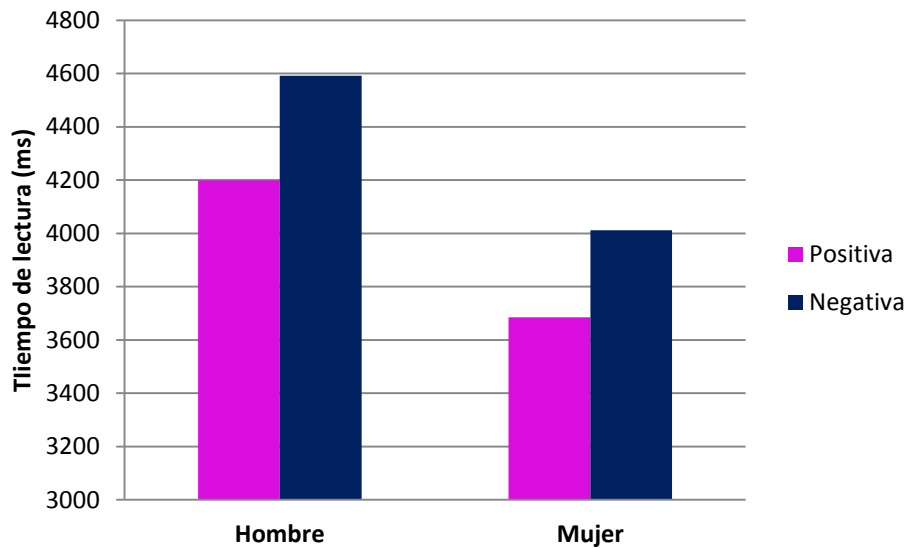


Figura 4.9. Tiempo de lectura de las consecuencias en función del sexo.

Evaluación emocional de las consecuencias.

Con respecto a la evaluación emocional que realizan los participantes de las consecuencias recibidas, se observa que los participantes han evaluado las consecuencias positivas como eventos positivos ($M = 2.46$; $DT = 1.44$) y las consecuencias negativas como eventos negativos ($M = -2.41$; $DT: 1.36$), y todas difieren significativamente frente a cero ($p < .001$). Estos datos muestran un patrón coherente que valida el sentido de la valencia de las consecuencias, sugiriendo que los participantes están experimentando emociones negativas cuando se les presenta consecuencias negativas y emociones positivas cuando se le presentan consecuencias positivas. No hay diferencias significativas entre los distintos grupos de edad a la hora de realizar la evaluación de las consecuencias recibidas.

En cuanto a las diferencias de sexo, observamos un efecto significativo en función de la valencia de las consecuencias $F(1, 206) = 5.26$, $p < .05$. Las evaluaciones emocionales de las mujeres fueron más elevadas que las de los hombres cuando recibieron consecuencias negativas, mientras que las diferencias de género no fueron significativas en las consecuencias positivas.

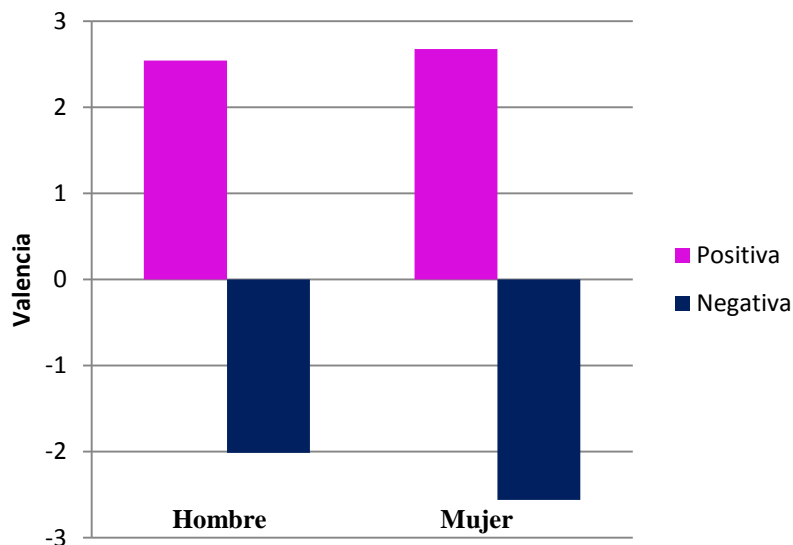


Figura 4.10. Valencia positiva y negativa de las consecuencias en función del sexo

Cuando se analiza la evaluación de las consecuencias en función del tipo de versión experimental, se obtienen puntuaciones más bajas en la condición de feedback que en la condición de no feedback $F(1, 206) = 40.4, p < .001$ (una media de 2.00 y 2.9, respectivamente). Hubo un efecto principal respecto al tipo de situación $F(1, 204) = 69.85, p < .001$, mostrando que las calificaciones emocionales fueron más altas en las situaciones ambiguas ($M = 2.93; DT = 1.18$) que en las situaciones de riesgo ($M = 1.94; DT = 1.62$). También hubo un efecto principal de la valencia emocional en las calificaciones emocionales $F(1, 204) = 1.191, p < .001$, mostrando puntuaciones emocionales superiores en las consecuencias negativas que en las consecuencias positivas.

Se observó una interacción significativa del feedback por la valencia emocional $F(1, 200) = 13.17, p < .001$. Por lo tanto, las calificaciones emocionales para las consecuencias positivas no difirieron significativamente entre las versiones de feedback ($M = 2.43; DT = 1.3$) y las versiones de no feedback ($M = 2.49; DT = 1.5$). Por el contrario, las puntuaciones emocionales de las consecuencias negativas fueron significativamente menores en la versión de feedback ($M = 1.60; SD = 1.4$) que en la versión de no feedback ($M = 3.22; DT = 1.2$), como se puede apreciar en la figura 4.11.

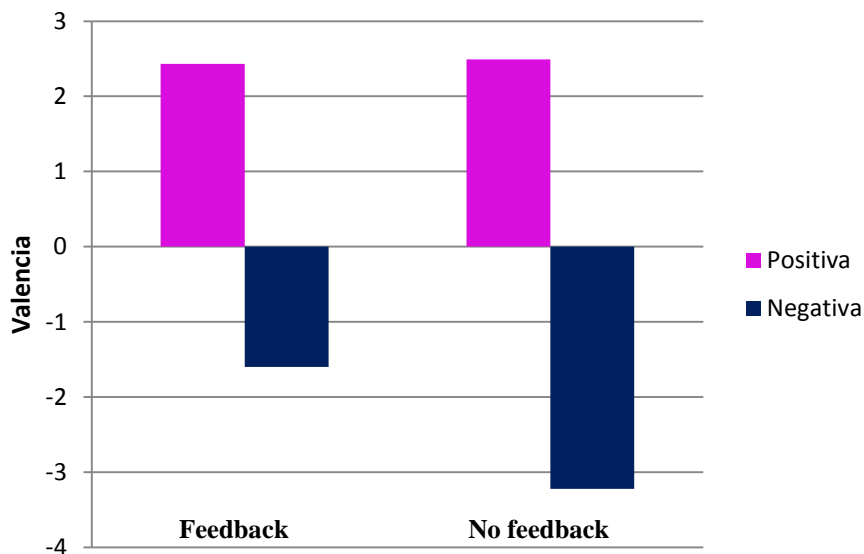


Figura 4.11. Valencia positiva y negativa de las consecuencias en función de la versión experimental.

Y por último el análisis de los tiempos que tardan en leer las consecuencias en función de la versión del paradigma experimental no mostró diferencias significativas.

Tiempo de evaluación emocional

Hay un efecto principal en la valencia de las consecuencias, de manera que los participantes tardan significativamente más tiempo en realizar la evaluación de las consecuencias negativas ($M = 2814$; $DT = 655$) que en evaluar las consecuencias positivas ($M = 2662$; $DT = 596$), $F(1, 204) = 17.79$, $p < .001$. No se encontraron efectos principales significativos en función del tipo de situación (Riesgo o Ambiguo).

En general, los tiempos de evaluación decrecen significativamente con la edad $F(3, 204) = 3.52$, $p < .05$, pero solo la diferencia entre la adolescencia temprana y los jóvenes es significativa $p < .05$, el resto de comparaciones $p > .10$, ver figura 4.12. En cuanto al género, los participantes no muestran diferencias en el tiempo que tardan en realizar las evaluaciones emocionales, hombres ($M = 2802$; $DT = 650$) y mujeres ($M = 2753$; $DT = 549$).

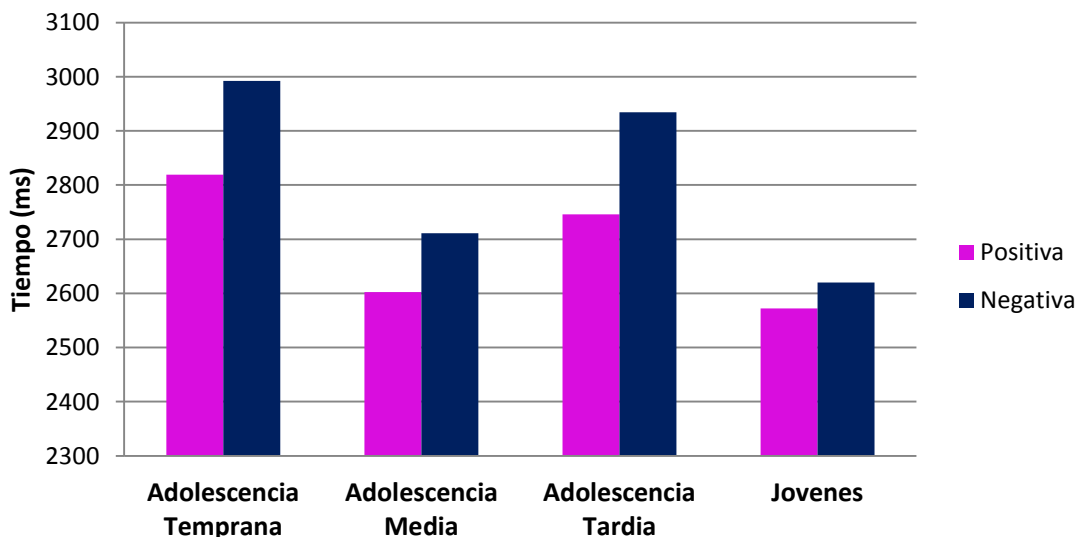


Figura 4.12. Tiempo realizando la evaluación emocional de las consecuencias en función de la edad.

Si se analiza en función de la versión experimental, se observa como los participantes utilizan más tiempo en realizar la evaluación emocional en la versión de no feedback ($M = 2866$; $DT = 704$), frente a la versión con feedback ($M = 2644$; $DT = 665$) $F(1, 200) = 7.49$, $p < .01$. Sin embargo, la sensibilidad de los tiempos de la evaluación emocional para las condiciones de feedback también cambian en función de la edad $F(3, 204) = 3.27$, $p < .05$. El tiempo de evaluación emocional fue inferior para las condiciones de feedback que para la condiciones de no feedback, pero solo en la adolescencia tardía ($p < .001$) y en los jóvenes adultos ($p < .05$), ver figura 4.13.

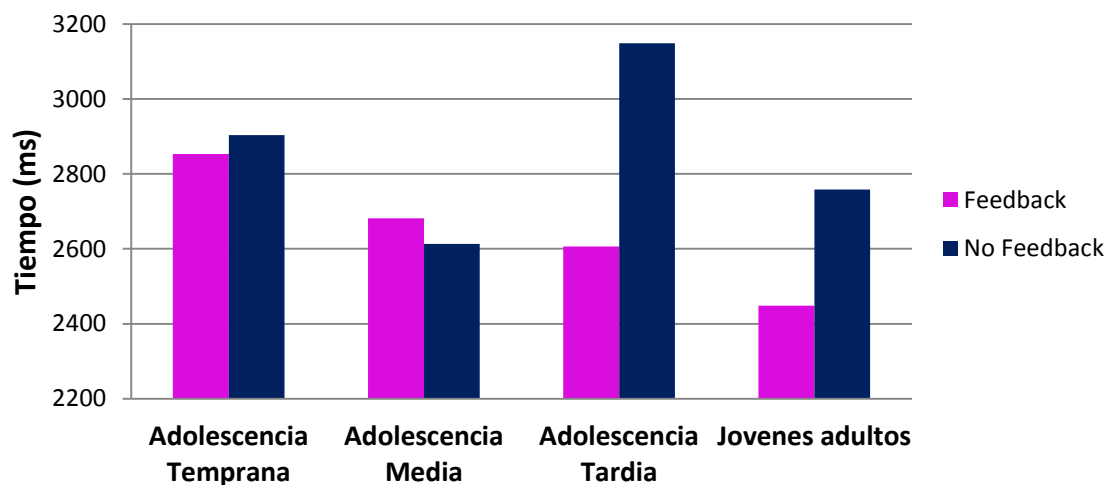


Figura 4.13. Tiempo realizando la evaluación emocional de las consecuencias en la condición de feedback en función de la edad.

Existe una interacción del sexo por la condición de feedback y el tipo de situación, $F(1, 204) = 4.37$, $p < .05$. Los efectos simples muestran que el tiempo que tardan las mujeres en realizar la evaluación emocional en las situaciones de riesgo es significativamente más breve en la condición de feedback que en la condición de no feedback ($p < .01$). Y los tiempos de evaluación emocional de los hombres en las situaciones neutras fueron significativamente más cortos en la condición de feedback que en la condición de no feedback ($p < .05$).

Tiempo observando la puntuación en la condición de feedback

Este set de análisis se realizó en la condición de feedback solamente, ya que la variable dependiente fue el tiempo que permanecían observando la información del feedback. Los participantes pasaron más tiempo observando la información de las puntuaciones en las decisiones de riesgo ($M = 2112$; $DT = 809$) que en las decisiones ambiguas ($M = 1670$; $DT = 531$), $F(1,115) = 81.67$, $p < 0.001$, y también pasaban más tiempo observando la información cuando habían recibido consecuencias negativas ($M = 1952$; $DT = 718$) en comparación con las consecuencias positivas ($M = 1829$; $DT = 622$), $F(1, 115) = 4.97$, $p < .05$. Ambos efectos fueron definidos por una interacción entre el tipo de elección y la valencia del resultado $F(1, 115) = 13.24$, $p < .001$, mostrando que la diferencia anterior era significativa en las decisiones de riesgo ($p < .001$), pero no en las decisiones ambiguas ($p > 0.1$).

En general, los tiempos de observación disminuyeron con la edad, $F(3,115) = 3.09$, $p < .05$, encontrando diferencias significativas entre la adolescencia temprana y media de la adolescencia ($p < .05$), la adolescencia tardía ($p < .01$) y jóvenes ($p < .05$), (2071 ms, 1833 ms, 1772 ms, 1788 ms, respectivamente). Ver Figura 4.14. En cuanto al sexo, no se hallaron diferencias significativas en el tiempo de observación de la información del feedback.

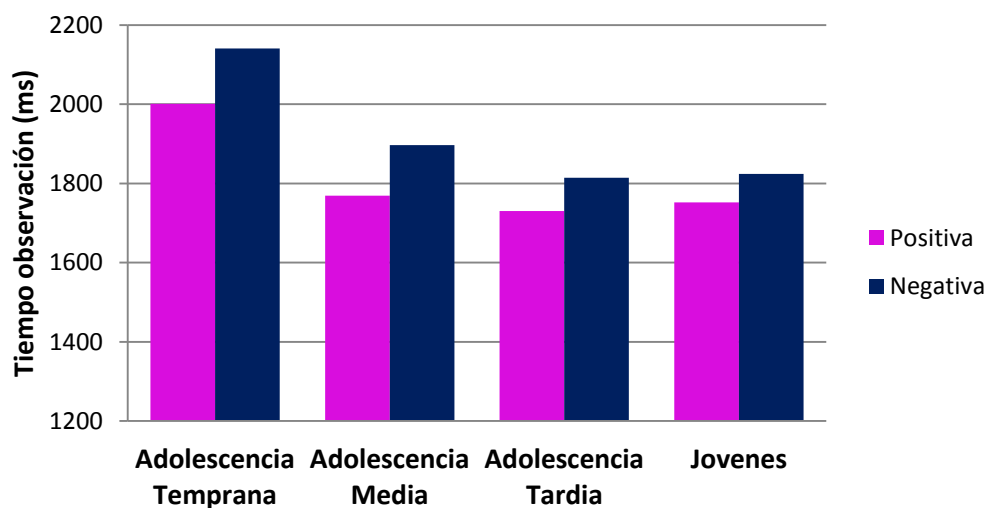


Figura 4.14. Tiempo observando la puntuación del feedback en función de la edad.

Resultados de las diferencias individuales

Se realizaron correlaciones entre las puntuaciones de los cuestionarios de personalidad, tales como la Escala de Búsqueda de Sensaciones (búsqueda de emociones, desinhibición, susceptibilidad hacia el aburrimiento y la búsqueda de excitación), el Índice de Reactividad Interpersonal (toma de perspectiva, empatía, fantasía y malestar personal) y la Resistencia a la Influencia de los Iguales, y las elecciones de riesgo y el tiempo de decisión en la TDCS (ver Tabla 4.3). Asimismo, se incluyeron los parámetros del BART relativos a los tres tipos de globos, azul, amarillo y naranja (número de infladas y número de explosiones).

El nivel de riesgo en la tarea BART (sobre todo los globos azules y amarillos) correlaciono significativamente y positivamente con las puntuaciones autoreportadas en la búsqueda de emociones y aventuras y la desinhibición (Búsqueda de sensaciones, Lejuez et al., 2002) y con el distress personal (Empatía), y correlaciono negativamente con la Resistencia a la influencia de los iguales, siendo estos dos últimos resultados novedades de este estudio. Los constructos autoreportados mostraron cambios relacionados con la edad en la búsqueda de experiencias, en la resistencia a la influencia de los iguales, la toma de perspectiva y la preocupación empática, tal y como se esperaba (Steinberg et al., 2008; Steinberg y Monahan, 2007; Blakemore y Robbins, 2012). También se observaron diferencias relacionadas con el género, de manera que los hombres que reportaron puntuaciones más altas en la búsqueda de emociones y aventura y la desinhibición (Romer y Hennessy, 2007), mostraron menor resistencia a la influencia de los iguales (Monahan et al., 2009), y menores habilidades empáticas (Distress personal, Toma de Perspectiva, Preocupación Empática y Fantasía), tal y como cabría esperar. Ver tabla 4.2.

Tabla 4.2. Medias, desviaciones típicas y correlaciones según las variables del estudio.

Variable	M	DT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1. Edad	16.54	2.27	--																	
2. Sexo			.019	--																
3. B1 Infladas Ajustadas	17.39	11.32	.120	.168**	--															
4. B2 Infladas Ajustadas	8.58	3.71	.128*	.222**	.548**	--														
5. B3 Infladas Ajustadas	3.13	.95	.011	.106	.148*	.387**	--													
6. B1 explotados	3.41	2.91	.047	.156*	.810**	.473**	.216**	--												
7. B2 explotados	7.81	4.25	.079	.217**	.623**	.748**	.316**	.568**	--											
8. B3 explotados	16.64	4.93	.083	.137*	.396**	.618**	.445**	.321**	.606**	--										
9. BEM (BS)	.64	.26	-.064	.184**	.132*	.114	.002	.179**	.159*	.054	--									
10. DES (BS)	.44	.23	.102	.310**	.047	.171**	.027	.025	.193**	.126*	.137*	--								
11. SAB (BS)	.49	.17	-.055	.081	.111	.101	.031	.122	.040	.043	.055	.344**	--							
12. BES (BS)	.56	.16	.212**	-.118	.022	.048	.014	.014	.024	.041	.204**	.181**	.052	--						
13. RPI	2.61	.34	.167**	-.179**	-.159*	-.038	-.131*	-.146*	-.061	-.016	.003	-.117	-.118	.091	--					
14. FA (IRI)	2.61	.34	.086	-.184**	.044	-.012	-.061	.045	.072	.077	.081	.028	.050	.155*	-.025	--				
15. TP (IRI)	3.27	.62	.196**	-.141*	.042	-.069	.070	.052	.036	-.031	.109	-.141*	-.140*	.220**	.137*	.156*	--			
16. EM (IRI)	3.47	.50	.232**	-.287**	.078	.030	.014	.122	.030	.063	-.058	-.201**	-.179**	.097	.181**	.287**	.275**	--		
17. PD (IRI)	2.62	.63	-.020	-.161*	.019	.105	-.008	-.012	.036	.127*	-.191**	.040	.058	-.082	-.054	.250**	-.076	.217**	--	
18. % elección riesgo TDCS	35.27	22.32	.130*	.008	.143*	.079	.013	.063	.098	.113	.189**	.106	.052	.055	-.033	-.068	.025	-.049	--	
19. Tiempo decision TDCS	5245	1222	-.124	.178*	-.045	-.049	-.011	-.145*	-.086	-.028	.016	.040	-.075	.037	-.077	-.181**	-.073	-.248**	-.034	-.093

* p < .05; ** p < .01.

Nota: Sexo: (hombre=1, mujer=0); BART: B1, B2, B3 infladas ajustadas = la media del número de infladas en el globo azul, amarillo y naranja, excluyendo los globos que explotaron; ; B1, B2 y B3 explotados = al número de globos azul, amarillo y naranja que explotaron; Escala Búsqueda de Sensaciones (BS); BEM: Búsqueda de Emociones; DES: Desinhibición; SAB: Susceptibilidad hacia el aburrimiento; BEX: Búsqueda de Experiencias; RPI: Resistencia a la influencia del grupo de iguales; Índice de Reactividad Interpersonal (IRI); FA: Fantasía; TP: Toma de Perspectiva; EM: Empatía; PD; Personal Distress; TDCS: % de Elección de riesgo; Tiempo de decisión de la elección de riesgo (ms).

Las puntuaciones en el BART se correlacionaron significativamente con las decisiones en la tarea situacional de la vida real del TDCS, aunque el alcance y la magnitud dependían del grado de riesgo de cada condición (color del globo). Las puntuaciones del BART con el globo azul correlacionaron positivamente con las decisiones de riesgo de la vida real; mayor porcentaje de elecciones peligrosas, y tiempos de decisión más cortos. Las puntuaciones con el globo amarillo correlacionaron positivamente con un mayor porcentaje de elecciones de riesgo. Por último, las puntuaciones con el globo naranja (el más arriesgado) no mostraron correlación con las medidas de toma de decisiones de la vida real en la SCDT.

A continuación se realizó una análisis de regresión lineal jerárquica donde se aplicaron por separado las variables porcentaje de elecciones de riesgo y el tiempo de decisión, y como predictores la edad y el género, las medidas de autoinforme y las puntuaciones en el BART correspondiente a los globos azul, amarillo y naranja (Infladas ajustadas). Nuestro objetivo era examinar la validez predictiva incremental del BART para explicar la varianza en la toma de decisiones en la vida real más allá de lo que es explicado por la edad y el género y las medidas de autoinforme de rasgos relacionados con el riesgo. En el paso 1, se incluyeron la edad y el género ya que están relacionados significativamente con las medidas estudiadas. En el paso 2, se incluyeron en análisis sucesivos cada constructo autoreportado. En el paso 3, se incluyeron en análisis sucesivos los parámetros del BART, primero todos juntos (infladas ajustadas, y el número de explosiones de los tres globos), y luego infladas ajustadas y número de explosiones de cada globo por separado. Para interpretar el significado global de los modelos, en cada paso se analizó el estadístico F, los valores para el R^2 ajustado ($AdjR^2$) y el cambio en R^2 (ΔR^2), así como la contribución específica de cada variable a la varianza total explicada por el modelo a través de la significación y los valores de correlación semiparcial al cuadrado (rs^2). También controlamos los supuestos de no colinealidad, normalidad de los residuos y la linealidad de la relación entre las variables y la homocedasticidad de las variables (Tabachnick y Fidell, 2007). Todos los análisis realizaron utilizando el software estadístico SPSS 18.0, asumiendo un nivel de confianza del 95 % para el error tipo 1.

Los modelos de regresión para el porcentaje de elecciones de riesgo fue significativo solo para los globos azules (Infladas ajustas y numero de explosiones) y cuando incluimos en el segundo paso las variables de la Escala de Búsqueda de Sensaciones. El modelo de regresión para el porcentaje de elecciones de riesgo no fue significativo en el paso 1, $p > .10$; el modelo fue significativo en el paso 2, $F(6, 235) = 2.99, p < .01$; y en el paso 3, $F(8, 235) = 2.83, p < .01$, explicando un 10 % de la varianza. Altas puntuaciones en desinhibición y un alto promedio de infladas ajustadas en el globo azul predijeron un alto porcentaje de elecciones de riesgo. El calor de cambio en R^2 muestra que en el paso 2, el factor de desinhibición añadió un 5,5 % de la varianza, mientras que en el paso 3, el promedio más alto de infladas en el globo azul añadió un 2,6 % de la varianza explicada. Comparativamente, la desinhibición fue la variable que más contribuyó al aumento del porcentaje de las elecciones de riesgo ($rs^2 = 0.024$), mientras que el promedio de las infladas en el globo azul contribuyo menos ($rs^2 = 0.024$),

El modelo de regresión para el tiempo de decisión de la elección de riesgo fue significativo solo para el globo azul (Infladas ajustas y número de explosiones) y cuando incluimos en el segundo paso las variables de la Escala de Búsqueda de Sensaciones. El modelo fue significativo en el paso 1 $F(2, 235) = 5.91; p \leq .01$; paso 2, $F(6, 235) = 2.48, p \leq .05$; y paso 3, $F(8, 235) = 3.51, p \leq .001$, explicando el 13 % de la varianza. Los participantes más adultos, hombres, y con un promedio más alto en las infladas ajustadas en el globo azul y un menor número de explosiones en el globo azul muestran tiempos de decisión más largos en las elecciones de riesgo. El valor de cambio en R^2 muestra que los dos parámetros del BART añaden un 6 % de la varianza explicada. El de explosiones en el globo azul contribuye en mayor medida a explicar los tiempos de decisión más largos ($rs^2 = .059$), mientras que las infladas ajustadas del globo azul y el género tienen una contribución menor ($rs^2 = .034$). Ver tabla 4.3.

Tabla 4.3. Resumen del Análisis de regresión lineal jerárquico examinando la validez incremental de Balloon Analogue Risk Task (BART), como predictor de las medidas de toma de decisiones en la Tarea de Decisión en Contextos Sociales (TDCS)

	% Elecciones de riesgo				Tiempo de Decision			
	β	rs^2	Aju R^2	ΔR^2	β	rs^2	Aju R^2	ΔR^2
Paso 1			.009	.018			.037	.047
Edad	.128*				-.127			
Genero	.035				.178*	.032		
Paso 2			.048	.055			.044	.027
Edad	.131*	.016			-.172*	.027		
Genero	-.052				.203**	.035		
BEM	.120				-.084			
DES	.180*	.025			.036			
SAB	.057				-.122			
BEX	-.025				.105			
Paso 3			.059	.026			.096	.060
Edad	.109				-.183*	.029		
Genero	-.066				.204**	.034		
BEM	.113				-.064			
DES	.179*	.024			.023			
SAB	.053				-.118			
BEX	-.021				.081			
B1 Infladas Aju	.233*	.018			.342**	.034		
B1 bursts	-.174				-.442***	.059		

* $p < .05$ ** $p < .01$ *** $p < .001$

Nota: BEM: Búsqueda de Emociones; DES: Desinhibición; SAB: Susceptibilidad hacia el aburrimiento; BEX: Búsqueda de Experiencias; B1 = Globo azul

4.4. DISCUSIÓN

La adolescencia se caracteriza por ser un periodo evolutivo en el que se incrementan las conductas de riesgo y podríamos llegar a pensar que los adolescentes viven constantemente al borde del peligro. Nuestros resultados indican que en situaciones de riesgo simuladas solo en un 38 % de las situaciones los adolescentes toman decisiones de tipo peligroso. Durante todo el periodo evolutivo de la adolescencia, se suelen producir incrementos en la toma de decisiones más arriesgadas, en nuestro caso no se muestran diferencias significativas pero se observa una ligera tendencia de incremento a la edad de 17-18 años y disminuye a los 19-20 años. Son datos más tardíos que lo que reflejan otros estudios (Gardner y Steinberg, 2005; Steinberg, 2008), pero están acordes con los planteamientos de que la adolescencia se está alargando (Domene, Landine y Stewart, 2015). Otra posible razón es que nuestra tarea no es un juego de ordenador sino que contiene situaciones de la vida real en las que los grupos menores de edad pueden no haberse encontrado tan frecuentemente. Sin embargo, la toma de decisiones en las situaciones ambiguas el mayor porcentaje de elecciones hacia la opción A, aunque es significativo es probable que sea únicamente debido a preferencias personales o modas (es más popular jugar a la Play que a la Xbox360) en algunas de las situaciones que se distribuyen al azar, y que no implican efectos posteriores debidos a la edad o al sexo.

Una de las novedades de nuestro estudio es evaluar en qué medida la presentación de las ganancias y pérdidas en la salud y la popularidad con el grupo de iguales podría estar afectando al proceso de toma de decisiones, explorando también las diferencias por edad y sexo. Como era de esperar, encontramos mayores porcentajes de riesgo bajo la condición de feedback, hasta el punto de que dicho porcentaje se duplica respecto a la condición sin feedback. Por el contrario, la presencia de feedback no afectó al porcentaje de elecciones seguras. Obviamente, en las situaciones ambiguas no cabría esperar ningún cambio por la manipulación de la presencia/ausencia del feedback, por el simple hecho de que las consecuencias fueron azarosas y no contingentes con las elecciones que realizaban los participantes. El impacto diferencial del feedback en las elecciones de riesgo parece poco probable que se deba a las instrucciones que se les administran al comienzo de la tarea, ya

que tanto en la versión de feedback como en la versión sin feedback a los participantes se les informa de que sus decisiones podrían tener consecuencias positivas o negativas con mayor o menor impacto en su salud y en su popularidad con los amigos. Por lo tanto, sugerimos que este resultado se debe a la importancia que le conceden los participantes a los beneficios sociales o emocionales obtenidos en la opción arriesgada en comparación con la opción segura en la condición con feedback, independientemente de la pérdida potencial del estado de salud, apoyando los argumentos de que el comportamiento de riesgo se incrementa durante la adolescencia en situaciones afectivas o emocionales (p.e. Boyer, 2006).

En general, los participantes tomaron más tiempo para seleccionar las opciones cuando se encontraban en situaciones de riesgo que en las situaciones ambiguas, lo cual sugiere que existe una mayor complejidad en el proceso de toma de decisiones cuando los participantes tienen control sobre las consecuencias (Rodrigo et al., 2014). Parece que las situaciones de riesgo requieren un procesado complejo ya que los participantes tienden a modelar sus decisiones no solo acorde a su punto de vista, sino que también tienen en cuenta como sus decisiones podría afectar a la imagen que tendrían sus iguales sobre ellos. Esto significa que para poder realizar una toma de decisiones eficaz en situaciones de riesgo realizadas en contextos sociales es necesario realizar una integración eficiente entre la perspectiva de los otros y la toma de decisiones de uno (Crone, Zanolie, Van Leijenhorst, et al., 2008).

Es curioso observar que el procesamiento de las opciones de riesgo en las situaciones de riesgo no exige el empleo de recursos adicionales, ya que los tiempos de la toma de decisiones de riesgo y seguras no difirieron entre sí en la condición de feedback, mientras que los tiempos fueron más largos cuando se realizaban las elecciones de riesgo en la condición sin feedback. Esto nos indica que, en general, los participantes en situaciones de feedback parecían estar prestando poca atención a la ejecución de la toma de decisiones peligrosas, lo cual puede ser uno de los elementos que aseguren la estabilidad de esos comportamientos. De hecho, el porcentaje de decisiones de riesgo se mantuvo estable en todas las edades y no disminuyó significativamente en los jóvenes adultos, confirmando los

resultados obtenidos por Habib et al (2012) con una rango similar de adolescentes (13-15 años) y jóvenes adultos (18-24 años).

El tiempo de decisión de las opciones de riesgo fué más sensible a los cambios evolutivos. De una parte, se observó un efecto de facilitación con la edad ya que el tiempo de decisión disminuye con la edad. De otra, se observa un efecto específico en el tiempo dedicado a la opción de riesgo. En la adolescencia temprana y la media no se dedica un tiempo adicional al procesamiento de la elección de riesgo, sugiriendo que afrontar riesgos no implica para dichas edades una demanda extra comparada con las decisiones seguras. Sin embargo cuando llegamos a la adolescencia tardía y la juventud temprana tardan más en tomar este tipo de decisiones de riesgo. Este esfuerzo adicional, probablemente, tiene como objetivo evaluar la probabilidad de obtener consecuencias negativas o positivas después de realizar elecciones arriesgadas, ya que se ha demostrado que los adolescentes están capacitados para realizar esta tarea (Reyna y Farley, 2006). Ambos efectos de edad pueden ser debidos al desarrollo tardío de las regiones prefrontales implicadas en el control inhibitorio de la conducta (Steinberg, 2008) y del funcionamiento ejecutivo que rige dichas áreas que también se ha relacionado con tomar menos decisiones de riesgo (Crone, 2009; Schiebener et al., 2014).

En cuanto a los efectos en el género, a menudo, se ha asociado el comportamiento de riesgo al sexo masculino. Sin embargo, nuestro estudio refleja que el patrón está cambiando y que tanto chicos como chicas están equiparados en la toma de decisiones peligrosas (Galván, Hare, Voss, Glover, y Casey, 2007; Gardner y Steinberg, 2005;. Van Leijenhorst et al, 2010). No obstante, en nuestro estudio siguen apareciendo diferencias de sexo de forma más sutil. Cuando analizamos el tiempo que tardan los participantes en tomar las decisiones peligrosas y seguras observamos que en general no hay diferencias, pero cuando analizamos por sexo son las chicas quienes tardan más en las decisiones de riesgo en relación con las seguras. Las chicas suelen percibir más que los chicos las situaciones como de riesgo (Bohlin y Erlandsson, 2007) y son mantienen actitudes más aversivas ante el riesgo que los chicos (Byrnes, et al., 1999; Van Leijenhorst et al., 2008; Borghans, Golsteyn, Heckman y Meijers, 2009).

Si nos centramos en la etapa de las consecuencias, parece que los adolescentes procesan las consecuencias, tanto positivas como negativas, con un patrón esperable donde las consecuencias negativas son valoradas como negativas y las consecuencias positivas como positivas, lo cual ofrece robustez al material de la tarea TDCS. Además, el hecho de que se tarde más en procesar las consecuencias negativas nos muestra un patrón recurrente en el pensamiento humano, donde se potencia un pensamiento contrafactual respecto a la toma de decisiones cuando el resultado es negativo (Roese, 2005). Además las chicas están procesando ambas consecuencias de forma más rápida, lo cual podría estar indicándonos que posiblemente son mejores predictoras de las consecuencias que implica sus decisiones y no se sorprenden tanto por la consecuencia recibida.

En cuanto a los efectos del feedback en la evaluación emocional de las consecuencias, la presencia del feedback determina una atenuación de la experiencia emocional de los participantes derivada de la consecuencia recibida en comparación con la condición sin feedback. Así lo demuestran las puntuaciones emocionales inferiores y los tiempos más cortos a la hora de realizar la evaluación emocional en la condición con feedback. Por otro lado, parece que las emociones negativas se ven más afectadas por la condición, ya que las emociones negativas se ven atenuadas en la condición de feedback en comparación con la condición sin feedback, mientras que las emociones positivas no se vieron afectadas por la presencia o ausencia de feedback. Esto es reseñable, ya que en general el procesamiento de las consecuencias negativas requiere más esfuerzo y provoca una mayor excitación emocional que el procesamiento de las consecuencias positivas, tal y como sugiere las puntuaciones altas en la emoción, y los tiempos de evaluación más amplios. A tenor de estos resultados, parece razonable que en el próximo estudio de neuroimagen se evite usar un paradigma con feedback, puesto que actúa como efecto atenuador de la experiencia emocional de los participantes de las consecuencias recibidas.

La evaluación de la intensidad emocional de las consecuencias no varió en función de los grupos de edad, mientras que en estudios previos si habían encontrado diferencias en las emociones contrafactuales de los adolescentes en comparación con grupos de niños o adultos (Burnett's et al., 2010; Habib et al., 2012). Sin embargo, sus resultados son

difícilmente comparables con los nuestros, puesto que seguían un procedimiento diferente para generar las emociones en situaciones de juego. En nuestro estudio, los tiempos para realizar la evaluación emocional y los tiempos observando la puntuación fueron más sensibles a los efectos evolutivos. Los tiempos de evaluación emocional cambiaron con la edad, de manera que solo en la adolescencia tardía y en la juventud se realizan tiempos más breves en la condición de feedback que en la condición sin feedback. Por lo tanto parece que con la edad se desarrolla la capacidad de realizar una estimación precisa de las demandas diferenciales de las dos condiciones, realizando una asignación mayor de recursos en la evaluación emocional de las consecuencias cuando no está disponible la información extra que proporciona el feedback.

En cuanto al sexo, las mujeres experimentan una intensidad emocional mayor que los hombres cuando se enfrentan a consecuencias negativas, pero no cuando se enfrentan a consecuencias positivas. Esto nos indica que las mujeres se activan más emocionalmente que los hombres no solo cuando se enfrentan a la posibilidad de obtener resultados negativos sino también cuando experimentan consecuencias nocivas reales (Bohlin y Erlandsson, 2007; Byrnes, et al, 1999; Clark et al, 2008).

Nuestro estudio también permite poner a prueba la validez discriminante de nuestra tarea TDCS tanto con los rasgos de personalidad, medidos con autoinforme, como con la tarea del BART. La medida del BART con el globo azul se asocia con un mayor porcentaje de elecciones de riesgo y los tiempos de decisión más cortos en la TDCS. Mientras que la medida del globo amarillo también se asoció positivamente con un mayor porcentaje de elecciones de riesgo en la TDCS. Hay que destacar que ambas tareas de toma de decisiones implican tomar decisiones reales, pero solo la TDCS implica tomar decisiones en escenarios sensibles para los adolescentes. Sin embargo, no nos extraña que el número de infladas en el globo naranja esté menos relacionado con la toma de decisiones de riesgo en el mundo real, dado que el rango de explotado de estos globos era más restringido y producía una variabilidad limitada para los participantes (Lejuez et al., 2002). Por lo tanto, parece que las medidas con el globo azul del BART, y en menor medida las del globo

amarillo son una herramienta sensible para la evaluación de la toma de decisiones de riesgos en contexto de la vida real para el rango de edad estudiado.

Los modelos de regresión mostraron que el nivel de riesgo en el BART explica una parte de la variabilidad de las medidas de toma de decisiones de la TDCS más allá de lo que explican la edad, el género y las medidas de autoinforme relacionadas con el riesgo. Los modelos realizados con el globo azul y los factores de búsqueda de sensaciones (Desinhibición) fueron los que mayor validez predictiva alcanzaron, lo cual no sucedió con los modelos que incluían la resistencia a la influencia de iguales y las medidas de empatía que no resultaron significativos. Esto nos sugiere que la búsqueda de sensaciones implica rasgos de personalidad que están estrechamente vinculados con el proceso de toma de decisiones de riesgo. De hecho, las diferencias individuales en desinhibición (también impulsividad) se han relacionado con una serie de tendencias de comportamiento de riesgo tanto en adolescentes como en adultos (Roberti, 2004; Romer, 2010; Zuckerman, 1994). En nuestro estudio, la desinhibición y el número de infladas en el globo azul predicen un incremento en el porcentaje de elecciones de riesgo en la TDCS. Por otro lado el número infladas y de globos explotados son los únicos predictores del tiempo de decisión en la elección de riesgo, lo cual sugiere que el BART es un predictor sensible al tiempo empleado en el proceso de toma de decisiones en situaciones naturales. Por lo tanto, estos datos nos muestran que las medidas de porcentaje de elecciones peligrosas y el tiempo empleado en tomar la decisión de la tarea TDCS están vinculadas a la medida del nivel de riesgo del BART, lo cual le confiere a estos resultados una garantía de estar evaluando los mismos constructos pero con tareas diferentes.

Conclusión

En este estudio se ha demostrado que enfatizar las consecuencias sobre la salud y la popularidad de la toma de decisiones de riesgo no hace sino incrementar dicha toma de riesgos. Parece pues que las ganancias en popularidad superan a las consecuencias negativas en las situaciones sociales, como resultados de una competición entre procesos afectivos y de control, lo cual es compatible con los modelos duales (e.g., Somerville et al.,

2010; Casey et al., 2011). Se observa también una mayor capacidad con la edad para evaluar la opción de riesgo en la adolescencia tardía y en la juventud lo que puede ir asociado a incrementos en las funciones ejecutivas también dependientes de la maduración del prefrontal (Schiebener et al., 2014). En la fase de las consecuencias, la presentación del feedback conlleva una atenuación de la sensibilidad emocional ante las consecuencias de las decisiones, especialmente las negativas. Lo que parece cambiar con la edad es la capacidad de hacer evaluaciones emocionales más rápidas y recabar más recursos cognitivos de manera diferencial cuando no hay información adicional disponible en la tarea, en relación a las situaciones en que sí se cuenta con dicha información. En consonancia con estudios evolutivos recientes (e.g., Blakemore y Robbins, 2012; Crone y Dahl, 2012), nuestros resultados apoyan la existencia de cambios tardíos en el procesamiento socioafectivo de la información contextual que se combinan con los cambios en los sistemas de control prefrontal. Se necesitan más estudios que realicen un análisis más integral de la toma de decisiones de los adolescentes en contextos sociales naturales, donde se tenga en consideración el papel que juegan los procesos emocionales y socio cognitivos en el desarrollo de las conductas de riesgo.

CAPÍTULO 5. A NEUROFUNCTIONAL STUDY ON RISK DECISION - MAKING PROCESS IN THE ADOLESCENCE.

Publish:

Rodrigo, M. J., Padrón, I., de Vega, M. y Ferstl, E. C. (2014). Adolescents' risky decision-making activates neural networks related to social cognition and cognitive control processes. *Frontiers in Human Neuroscience*. 8:60. doi: 10.3389/fnhum.2014.00060

5.1. INTRODUCTION

Adolescence is a developmental period characterized by decisions and actions that give rise to an increased incidence of unintentional injuries and violence, alcohol and drug abuse, unintended pregnancy and sexually transmitted diseases. Results from the Youth Risk Behavior Survey (2013) indicate that many high school students are engaged in health-risk behaviors associated with the leading causes of death among persons aged 10–24 years in the United States. Many studies have shown that risky behaviors are more frequent during adolescence and early adult years than in adults over 25 and are major contributors to physical and psychological problems (Eaton et al., 2008; Steinberg, 2004; 2008). Of special concern is the adolescents' increasing reliance on risk-taking behavior in decision-making situations, especially in the presence of peers as compared to adults (Gardner and Steinberg, 2005). The goal of this study is to examine, by means of functional magnetic resonance imaging (fMRI), neural responses to risk and ambiguous decision-making in social scenarios involving the presence of peers in adolescents and young adults.

Risk and ambiguous decision-making

In the literature of decision-making there is a common distinction between decisions under ambiguity and decisions under risk (e.g., Bechara, Damasio, Tranel and Damasio, 2005). In ambiguous decisions, the probability of a specific outcome is either unknown or close to chance and the two choices do not differ in reward value nor in the likelihood of negative consequences. For example, in the two-choice prediction task, the participant chooses on which side of a house a car will appear. The probability of the car appearing on the left side of the house is identical to it appearing on the right side and there is no risk associated with choosing one side or the other. In decisions involving risk, the possible outcomes are also uncertain, but participants are asked to decide between a safe choice and a dangerous choice, given the likelihood of a given outcome. For example, in gambling tasks safe choices may have a high probability of gaining a reward, but the reward is

relatively low in value. In contrast, dangerous choices may have a low probability of gaining a reward, though the reward is substantially larger in value.

Neuroimaging studies have examined whether the neural substrates of decision-making may differ depending on the nature of the decision required. A meta-analysis of fMRI studies with gambling tasks in adults (e.g., the Iowa Gambling Task, the Cambridge Risk Task) reported that ambiguous decision-making was associated with activity in the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC), dorsal and anterior cingulate cortex (ACC), and the parietal lobe, whereas risky decision-making was associated with activity in the orbitofrontal cortex (OFC), and the rostral portions of the ACC (Krain, Wilson, Arbuckle, Castellanos and Milham, 2006). However, some fMRI studies suggest that the role of the right DLPFC may be particularly critical for the regulation of risk-taking behavior (Ernst et al., 2002; Fishbein et al., 2005). This was confirmed by a Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) study in which the transient disruption of the function of the right DLPFC, but not of the left DLPFC, increased participants' riskier decision-making in a gambling task (Knoch et al., 2006). Other studies found that ambiguity, relative to risk, increased the BOLD signal in the OFC and the amygdala, possibly since both are involved in detecting relevant stimuli of uncertain value (Elliott, Dolan and Frith, 2000; Hsu, Bhatt, Adolphs, Tranel, and Camerer, 2005; Levy, Snell, Nelson, Rustichini, and Glimcher, 2010). In sum, the specific role of the DLPFC and the OFC in risk and ambiguous decision-making is still controversial.

Risk decision-making in social contexts

Most of the studies using the fMRI technique have investigated the neural correlates of risk decision making by using gambles or bets as decision tasks in a social vacuum (Sanfey, 2007). A few studies have investigated the neural correlates of risky decision making when participants are confronted with a social scenario in which the presence of others may modulate their decisions. Such scenarios may require mentalizing or Theory of Mind (ToM) abilities to explain and predict others' behaviors by attributing independent

mental states to them, such as thoughts, beliefs, and desires (Frith and Frith, 2003). Some studies using competitive and cooperative social decision-making tasks (e.g., the Ultimate Game; Güth et al., 1982), which require inferences about the other players' mental states suggest so. For instance, a number of fMRI studies in adults involving social tasks have shown activity in the brain's reward system (e.g. nucleus accumbens) consistent with the desire to win monetary rewards and in the emotional system (e.g., insula and OFC) related to the unfairness of the offer. Interestingly, social decision-making tasks have also produced activations in ToM related regions (e.g., superior temporal sulcus or STS, temporoparietal junction or TPJ, and medial prefrontal cortex or mPFC), consistent with the processing of one's own and the other player's actions and intentions (Burnett et al., 2011; Montague, 2007; Rilling and Sanfey, 2011). Activations in the mPFC, ACC and TPJ have also been obtained during false-belief tasks, a classical task targeting ToM processing (e.g., Amodio and Frith, 2006; Mar, 2011; Saxe and Kanwisher, 2003; Saxe and Powell, 2006; Van Overwalle and Baetens, 2009; Young, Dodell-Feder and Saxe, 2010).

Adolescent risk decision-making

In recent years, a dual-system model on adolescent risk-taking derived from developmental neuroscience has suggested that the adolescents' greater vulnerability to risky behavior is due to the temporal gap between the full maturation of two brain systems (Casey, Jones and Somerville, 2011; Ernst et al., 2009; Somerville et al., 2010; Steinberg, 2008, 2010). The first system, which has been called the "socioemotional" incentive processing system is localized mainly in the ventral striatum (VS) and ventromedial prefrontal cortex (VMPFC) and includes also the amygdala and the orbitofrontal cortex (OFC). This system is particularly important for valuation and prediction of potential rewards and punishments in decision-making and is operative in early adolescence. The second system, referred to as the "cognitive control" system is localized mainly in lateral prefrontal cortex (DLPFC), the parietal cortex, and the ACC. This system subserves executive functions such as response inhibition (Luna et al., 2010), impulse regulation (Steinberg et al., 2008), and flexible rule use (Crone, Donohue, Honomichl, Wendelken,

and Bunge, 2006). It supports goal-directed decision-making and matures gradually over the course of adolescence and young adulthood. Accordingly, developmental evidence in a gambling task shows that activation in dorsal ACC showed a linear decrease with age from 8-10-year-old participants to adult participants associated with risky choices, probably as a reflection of the need to engage more brain activity in these areas in less mature stages of development. In turn, activation in VMPFC and VS showed an inverted U-shaped developmental pattern, with a peak in adolescence compared to children and adults (Van Leijenhorst, Moor, de Macks, Rombouts, Westenberg, and Crone, 2010).

However, recent reviews suggest that the evidence obtained in support of the dual model may not generalize to all contexts or tasks (Crone and Dahl, 2012; Pfeifer and Allen, 2012). For example, Chein, Albert, O'Brien, Uckert, and Steinberg (2011) examined the impact of the presence of peers on risk decision-making in a driving game (Gardner and Steinberg, 2005). The presence of familiar peers heightened responses in VS and OFC during risk choices more for adolescents than adults, in line with the dual model. Brain areas associated with cognitive control (DLPFC) were less strongly recruited by adolescents than adults, and brain activity in this area did not vary with the peer manipulation. However, a different pattern of results emerged in a second study done by Peake, Dishion, Stormshak, Moore, and Pfeifer (2013) using the same task. Adolescents' safe choices in the driving game, after an episode of social exclusion from hypothetical peers, were associated with greater activation in right DLPFC and OFC, but also with other regions implicated in ToM abilities such as the posterior cingulate cortex and precuneus (PCC/PREC), mPFC, and bilateral TPJ. Therefore, some other regions of interest appeared to be engaged in the same decision task when involving the social exclusion of virtual peers.

Current study

The present study was designed to provide further evidence on the adolescents' neural responses to risk decision-making in social contexts following two new directions:

First, decision-making was tested in the context of realistic everyday situations. We created a novel Social Context Decision task (henceforth SCDT) that consisted of short stories that describe social situations involving risk and ambiguous decision-making. The stories mentioned everyday situations in which participants accompanied by a close peer are either involved in risk situations where they have to decide between a dangerous or a safe choice (e.g., taking or refusing a drug), or in ambiguous situations where they have to select between two neutral choices (e.g., drinking coke or orange juice). Thus, we manipulated the type of decisions to be made (ambiguous or risk decision-making), with the social context held constant (peers are mentioned in the scenario in both cases). This manipulation may help to reveal the neural response specifically associated to risk decision-making in social contexts since both conditions involved decisions. Such specificity in the neural responses would be related to the different nature of the decision task. Participants in risk situations have to decide between dangerous and safe options having knowledge of what the probability of the outcome might be, whereas participants in ambiguous situations do not know the possible outcomes associated with neutral choices. Further comparison between dangerous and safe choices in risk situations can also be informative of the decision-making process in the SCDT.

The second direction taken in this study was to test developmental effects in the pattern of brain activation under risk and ambiguous conditions in our SCDT. Young men and women from two age groups (late adolescents: 17-18 years old, and young adults: 21-22 years old) participated in the fMRI study. These ages were selected for two reasons. First, the dual model postulates an imbalance between the maturation of control and reward brain circuitry during adolescence that becomes less pronounced in early adulthood years (e.g., Steinberg, 2010). Therefore, it would be relevant to examine whether there are differences in brain activation in such critical transition. Second, age comparisons can also reveal the existence of developmental changes in social decision-making in SCDT, taking into account that the emotional and social cognition processes presumably involved also showed late developments (Blakemore and Robbins, 2012; Crone and Dahl, 2012).

Based on prior empirical studies, we first predicted that our risk and ambiguous conditions in the SCDT would activate at least part of the brain circuitry that is activated for risk and ambiguous decision-making with gambling tasks (e.g., DLPFC, OFC and ACC). More specifically, we predicted that the brain control-related regions would be more activated while making choices in the risk situations, as more engagement of executive functions may be required, than in the ambiguous situations. According to the dual-system model risk decision-making involves response inhibition, impulse regulation and response conflict (Steinberg et al., 2008). We also predicted heightened responses in the reward-related neural regions (e.g., VS) during dangerous choices compared to safe choices, following the dual-system model (Chein et al., 2011).

Of particular interest in this study is the potential activation of other brain systems related to social cognition processes. Our SCDT presents stories in which close peers are mentioned in the decision-making scenario. We propose that decision-making in social scenarios would presumably require participants to engage both in a self-reflective process in which a decision is made regarding oneself, and a perspective-taking process in which the peers' mental state with regard to the decision is considered. Based on this proposal we predicted the activation of regions in two overlapping brain systems: the so-called self-reflection network involving the mPFC, PCC/Precuneus and ACC (van der Meer, Costafreda, Aleman and David, 2010) and the ToM network involving the mPFC, TPJ and STS among other regions (e.g., Frith and Frith, 2003; Saxe and Kanwisher, 2003; Young, Dodell-Feder and Saxe, 2010). We predicted that the SCDT would activate regions in both systems more while making choices in the risk situations than in the ambiguous situations. Social decision-making in risk situations entails a complex evaluation process since participants have to model their decisions not only according to their own point of view but also taking into account how their decisions will impact the others' point of view about them (for example, being admired, accepted or rejected by peers according to the dangerous or safe choices). By contrast, the lack of clear expectancies related to their neutral choices, especially those referring to their potential impact to the peers' point of view, would make the self-reflection process a less complex one, as there would be less need to take into

account the peers' point of view.

A further goal of this study was to test the existence of age and gender differences in the pattern of brain activation under risk and ambiguous conditions in our SCDT. Age-related predictions are no more than tentative, given the practical absence of developmental studies using risk decision-making in social context tasks. However, we expected developmental effects in control-related regions and reward-related regions based on previous studies. Specifically we expected higher activations in the control- and reward-related regions in adolescents than in young adults, suggesting that more brain activity in functional regions is associated with less mature stages of development. As for the developmental effects in other brain regions related to social cognition, a recent meta-analysis of studies using social reasoning paradigms and self-knowledge paradigms has shown that the mPFC is often more activated in adolescents (ages 9–18 years) compared to adults, whereas the TPJ is often less activated in adolescents (ages 10–17 years) compared to adults (Crone and Dahl, 2012). Other studies have also found that adolescents exhibit enhanced reactivity in mPFC during ToM tasks, relative to adults (Blakemore, 2008, 2011; Blakemore and Robbins, 2012; Burnett et al., 2009; Gunther Moor et al., 2012; Pfeifer and Blakemore, 2012; Pfeifer et al., 2009; van den Bos et al., 2011). However, there is an open debate about the direction of the age effects and their interpretation, since some studies have found more activation in adolescence than in young adulthood and others just the reverse pattern (Pfeifer and Allen, 2012; Crone and Dahl, 2012). Therefore, the present results may provide further evidence on that issue.

Popular gender stereotypes hold that women are more sensitive, more emotional, better mind readers, and – most importantly - less prone to risky behavior than men. However, laboratory decision-making tasks do not consistently confirm the latter claim. Men and women behave similarly in gambling risk-taking tasks (Galvan, Hare, Voss, Glover, and Casey, 2007; Gardner and Steinberg, 2005; Van Leijenhorst et al., 2010). None of the neurological studies in social decision-making have investigated gender effects.

Therefore, in this study we explored whether there are differences in neural activation between gender groups in the SCDT.

5.2. MATERIALS AND METHODS

Participants

Sixty healthy participants with no history of psychiatric illness were included in the study. We recruited participants from two age groups: thirty late adolescents (aged 17-18 years; 15 female and 15 male; mean age 17.50, $SD = .51$) from public high schools and thirty young adults (aged 21-22; 15 female and 15 male; mean age 21.40, $SD = .49$) from university and technical schools. All participants had normal or corrected-to-normal vision, and were right-handed according to the Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971). Data for thirty-one additional participants were excluded for the following reasons: fourteen for excessive head movement (> 1 mm), one for asymptomatic brain abnormality found in MR scan, six for incomplete experimental session, five for technical problems, and five for getting outlier scores in the screening tests (see below). All participants, or a primary caregiver in the case of minors, gave informed consent. All the procedures were approved by the Committee for Research Ethics and Animal Welfare at the University of La Laguna.

All participants were within the normal range of cognitive and verbal abilities within the cut-off values of $\pm 2 SD$ in the following screening tests: a) the Wisconsin Card Sorting Test of executive functioning: $M = 100.9$; $SD = 6.4$ (Berg, 1948; Grant and Berg, 1948); b) the Working Memory-Sentences test: $M = 2.2$; $SD = 0.7$ (Siegel and Ryan, 1989); and c) the Controlled Oral Word Association Test (Phonemic Fluency: $M = 37.1$; $SD = 8.8$, Semantic Fluency: $M = 24.6$; $SD = 4.9$, and General Fluency $M = 30.8$; $SD = 5.9$, Benton, Hamsher and Sivan, 1994). There were no differences due to age and gender in any of the tests.

The Social Context Decision Task (SCDT)

The study used a novel social context decision-making task (SCDT) involving two types of verbal materials: 40 risk situations and 40 ambiguous situations. We performed two normative studies for the elaboration of the verbal materials, using different participants than in the main fMRI study. The first study was designed to select the most common risk situations in the adolescents' and young adults' personal experience. Sixty-three risk scenarios were written, based on situations selected from the Youth Risk Behavior Survey (2013). They belonged to five domains: Behaviors that contribute to unintentional injuries (i.e., jumping to the sea from a high rock), risky sport practice (i.e., climbing without appropriate equipment), unhealthy behaviors (i.e., competing to demonstrate who can eat more burgers), unprotected sexual behaviors (i.e., having sex without condom), and alcohol and other drug use (i.e., consuming cocaine). Sixty participants (half adolescents and half young adults of both gender) had to judge if they had been involved in a similar situation, they had eye witnessed it or none of them. Then, they were given examples of dangerous and safe options for each situation, and asked to rate on a 1 to 5 point scale how dangerous these actions would be for the protagonist.

Based on the results of the ratings, 40 risk situations (40% self-experienced and 60% eye witnessed) distributed among the four domains. The domain of sexual behaviors was excluded, as it produced the largest differences between responses given by women and men. We selected those choices scoring at the extremes of the scale (Mean = 4.03; SD = 0.48 for the dangerous option; Mean = 1.57, SD = 0.37 for the safe option). For the ambiguous situations, sixty neutral options were also created and participants had to choose between the two neutral options. Only those options with 50% of probabilities to be selected were included with no significant age and gender differences (40 ambiguous situations). The choices were also tested for how dangerous these actions would be for the protagonist (Mean = 1.20, SD = 0.17) and eliminated those with significant age and gender differences. The length of the sentences in the scenarios was matched in the number of words (risky scenario: M = 20.27, SD = 3.09 and ambiguous scenario: M = 20.32, SD = 3.03). Unfamiliar words were avoided in all the scenarios.

The second study was designed to match the emotional valence of possible consequences for the two scenario conditions. For each scenario, a positive and a negative consequence were written. One hundred and twenty participants (half adolescents and half young adults of both genders) were presented with a list of 128 negative events (i.e., risk situations: “while smoking marijuana you feel dizzy and have to go to the doctor”; ambiguous situations: “while preparing a snack you cut your finger and bleed profusely”), and 128 positive events (i.e., risk situations: “you enjoy swimming at the beach”; ambiguous situations: “you enjoy the meal at the restaurant”). The participants rated them on a bipolar scale from -5 (very negative) to + 5 (very positive). Positive events were rated as more positive in both conditions (risk situations: $M = 3.98$, $SD = 0.42$; ambiguous situations: $M = 4.05$, $SD = 0.42$) than negative events (risk situations: $M = -4.66$, $SD = 0.39$; ambiguous situations: $M = -4.45$, $SD = 0.42$). More importantly, ratings of negative events did not significantly differ between risk and ambiguous scenarios. Similarly, ratings of positive events did not significantly differ between risk and ambiguous scenarios.

Both the risk and the ambiguous experimental trials involved the same sequence of events illustrated in Figure 5.1 (A): 1) A second-person scenario describing “you” as accompanied by a close friend; 2) The presentation of the two alternative options for the decision-making task in that scenario; 3) After the participants had made their choice, the presentation of the consequence on the screen. This consequence was either positive or negative following a pre-established table of contingencies that participants were unaware of; 4) Participants were then asked to indicate “how do you feel about what just happened?” using a linear rating scale at the bottom of the screen: from -5 (extremely bad) to +5 (extremely good). No information had to be learned or retrieved over consecutive trials.

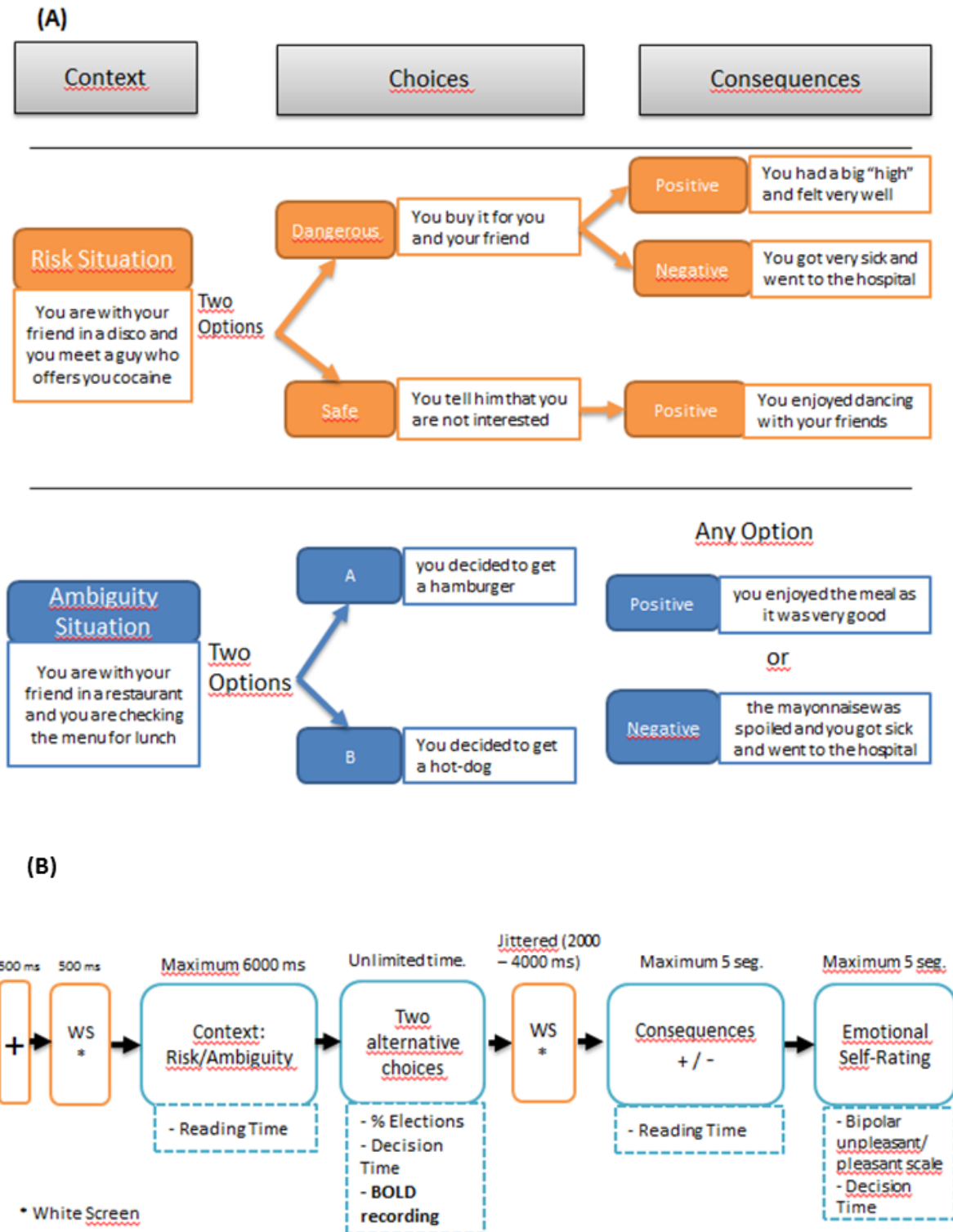


Figure 5.1. (A) Examples of SCDT (Social Context Decision Task), in risk and ambiguous scenarios. (B) Temporal sequence of events in a trial.

Figure 5.1 (B) illustrates the timing of the events in a SCDT trial, including the fMRI recording event. The presentation of each piece of information was self-paced, allowing for the registering of the reading times of the initial scenario, the decision time after the onset of the options, the choices, the reading time of the consequence, and the emotional rating. The first 15 experimental trials, including 10 risky and 5 ambiguous scenarios, were always followed by positive consequences, to encourage participants to choose dangerous options. The remaining 65 trials (30 risky and 35 ambiguous) were presented in pseudo-random order for each participant. Participants were not informed about the change in probability of the negative outcomes at any time during the experiment. The outcomes pre-established by the experimenter for the different conditions were as follows: In ambiguous scenarios 35% of the consequences were negative and 65% were positive; by contrast, in the risky situation the choice of the dangerous option was followed by negative consequences 80% of the time and by positive consequences 20% of the time. When participants chose the safe option, the consequence was always positive. Notice, however, that in the ambiguous situations the amount of negative outcomes that receive the participants corresponds to the nominal probability set up by the experimenter because the two choices (A or B) are equivalent in terms of possible outcomes. This is not the case for the risk situations, since participants can be conservative avoiding the dangerous option in favor of the safe option what may change the percentage of negative and positive consequences actually received. The stimulus presentation was controlled by means of a custom-developed script, developed in MatLab, using the Cogent 2000 v1.29 Software Toolbox (<http://www.vislab.ucl.ac.uk/cogent.php/> provided in the public domain by the Laboratory of Neurobiology, University College London, UK).

fMRI procedure

Before the scan, in a separate session, participants filled out the screening tests. Then, those participants that passed the screening came to the MRI laboratory and were prepared for the scanning session with the SCDT. First, the participants received extensive

instructions and performed 10 practice trials in a mock scanner that simulated the environment and sounds of an actual MRI scanner. They were asked to imagine themselves (« imaging you ») as vividly as possible in each situation accompanied with a close friend and choose between the two alternative actions. They were also told that there was no need to remember the performance on previous trials, because the trials were not related, and that all trials were equally important. Finally, we informed them that “you will receive money as long as you follow our instructions” but in fact the money received at the end of the task (25 euros) was not contingent on the individual’s performance. Immediately after the instructions and training, participants were brought into the real scanner and the experimental session started.

MRI data acquisition

In total, 80 trials of the SCDT were presented (40 for each condition). Each participant completed two 18-minute functional runs, with a 5-minutes resting period in between. Scanning was performed at the laboratories of the Magnetic Resonance Service of the University of La Laguna. Images were obtained using a standard whole-head coil on a 3.0 Tesla scanner Signa Excite HD model manufactured by General Electric (Milwaukee, WI, USA). The stimuli were presented visually via video-vision glasses compatible with MRI (Visuastim, Resonance Technology, Inc. Northridge, CA 91325 USA). Participants used two response controls (one for each hand) compatible with Magnetic Resonance (Nordicneurolab). Participants pressed the lower right button with their right thumb to move from one screen to the next. To indicate their decision, participants pressed one of the upper buttons of the response devices with their right or left thumb to select the option that was displayed to the right or left of the screen, respectively. Also, they were instructed to use the same fingers to move the cursor left and right in the emotional rating task.

Functional data were acquired with a standard echo-planar imaging sequence (TR=2500 ms, TE=22.2 ms, flip angle=90, FOV=24x24, matrix 64x64, 3-mm-thick 40 axial slices acquired parallel to anterior–posterior commissural line, and voxel size 3.75

x 3.75 x 3) and 2 runs (of total 600-700 scans), for measurement of the BOLD effect. Head movement was minimized by padding. Before the functional scans, high-resolution T1-weight anatomic images were recorded (TR= 4.768 ms, TI= 650 TE= 1,9, flip angle: 20, voxel size; 1.02 x 1.02 x 1, matrix 228 x 228, FOV 26x26, slice order: sequential, gap: 0).

fMRI pre-processing and statistical analysis

Functional data processing and analyses were conducted using Statistical Parametric Mapping software (SPM8, developed by Wellcome Department of Cognitive Neurology, UK, implemented in Matlab 7.10, Math Works, Natick, MA). For each subject, functional images were realigned to correct head motion, corrected for slice acquisition time differences, coregistered with anatomical image, smoothed in space with a three-dimensional, 8-mm FWHM (Full Width at Half Maximum) Gaussian Kernel, and entered into a voxelwise analysis using the general linear model (GLM). A high-pass filter with a cut-off at 128 s was used to remove low frequency fluctuations. An event-related design was used and the BOLD time series data were modeled using standard hemodynamic response function (HRF) with time derivative.

The full experimental design involved 2 decision-making situations (risk / ambiguity) x 2 consequences (positive / negative). Decision times were used as a covariate by trial and by person because these times would influence the BOLD signal. Thus, as participants would spend more time for selecting options in the risk scenarios than in the ambiguous scenarios, the response time for each individual was included as a covariate in the analyses as a parametric modulator. This helps to control for differences in the timing between both conditions that may have some impact on the activations. The analysis focussed on the decision phase, where the risk vs ambiguous scenarios manipulation may have more impact, by means of two contrasts: a) the overall contrast between risk and ambiguous conditions collapsing over the choices and consequences, and b) within the risk conditions, the contrast between dangerous and safe choices, collapsing over the consequences. We

registered the BOLD signal from the onset of the two alternative choices until the participants made their decisions (see Figure 5.1 B). We tested two whole-brain contrasts: Risk > Ambiguity, and Ambiguity > Risk in the whole sample of 60 participants. We also tested two whole-brain contrasts: Dangerous > Safe, and Safe > Dangerous choices in the whole sample of 60 participants. As participants would spend more time for selecting dangerous options than safe options, the response time for each individual was included as a covariate in the analyses. All contrast images (beta maps) were calculated from individual-level GLM analysis, normalized to the standard Montreal Neurological Institute brain template with a 3.75 x 3.75 x 3 voxel size, and then entered into one sample t-test for the group level random-effect analyses. Clusters larger than 10 voxels that reached a corrected Familywise Error Rate (FWE) of $p < 0.001$ were considered significant. FWE correction was implemented by selecting this option in SPM8.

We analyzed time series, employing the Finite Impulse Response (FIR) algorithm to plot the temporal course of these activations in several regions of interest (ROIs). The ROIs were created by overlapping the 10 mm spheres around the peak activations in the significant clusters obtained in the voxelwise analyses with the corresponding MNI anatomical regions. The overlapping areas were computed using the MarsBaR toolbox of the SPM8 (see <http://marsbar.sourceforge.net/> by Brett et al. 2002).

We also explored age and gender differences, performing second-level whole brain analyses for the interactions Age (adolescents vs. young adults) x Type of decision-making situation (risk vs ambiguous), and Gender x Type of decision-making situation. We also explored age and gender differences, performing whole brain analyses that combined Age (adolescents vs. young adults) x Type of Choice (dangerous vs safe), and Gender x Type of Choice (dangerous vs safe). Given the reduction of data for each experimental cell, and the expectable small effects of gender and age (especially in our small range of ages), we relaxed the statistical threshold in these contrasts: reported are effects with $p < .001$ (uncorrected) combined with an extent threshold of clusters larger than 10 voxels.

Finally, a complementary set of correlational analyses was performed to identify brain activations that reflect individual differences in risk behavior. To this end, we first obtained the percent signal change for each participant, in the significant clusters of activation, and then we correlated these activation scores with the individual percentage of risky choices in the SCDT. A similar procedure was followed with the differential peak activations between Dangerous and Safe choices in the significant clusters obtained.

5.3. RESULTS

Behavioral results

Reading times for the risk scenarios were significantly longer than those for ambiguous scenarios ($M = 4883$ ms, $SD = 839$; $M = 4755$ ms, $SD = 921$, respectively; $F(1,56) = 26.7$; $p < .001$). There was a significant interaction of scenarios by gender ($F(1,56) = 6.42$; $p < .014$), due to the fact that women spent less time in reading the ambiguous contexts than men ($M = 4520$ ms, $SD = 800$; $M = 4989$ ms, $SD = 985$, respectively), but no significant gender difference was found for the reading times of the risk scenarios. Participants spent more time for selecting options in the risk scenarios than in the ambiguous scenarios ($M = 3814$ ms, $SD = 730$; $M = 3423$ ms, $SD = 668$, respectively; $F(1,56) = 38.6$; $p < .001$); no significant effects of age or gender were found. Within the risk condition, participants spent significantly more time for selecting the dangerous options than the safe options ($M = 4054$ ms, $SD = 859$; $M = 3333$ ms, $SD = 671$, respectively; $F(1,56) = 62.29$; $p < .001$); no significant effects of age or gender were found. Finally, participants chose the dangerous option in 34.7% of the trials (range from 19.2 to 50.2), with no age or gender differences. Participants chose one of the neutral options in 49.2% of the trials (range from 48.4 to 51.1) being non significant the difference between A and B options ($t = .546$; $p > .05$), with no significant age or gender differences.

Brain regions involved in risk versus ambiguous conditions

Figure 5.2 shows the significant clusters of activation from the contrast Risk > Ambiguity in the total sample of participants. The complete list of significant clusters corrected by this covariate is shown in Table 5.1. There was a broad network of frontal and prefrontal structures activated, including right DLPFC extending to the precentral gyrus, left DLPFC, right ACC, bilateral OFC, right inferior, medial and superior frontal gyrus. In addition, there were activations in temporal and parietal structures, including the TPJ bilaterally, bilateral middle temporal gyrus, bilateral precuneus and the inferior parietal lobe. Other areas with significant clusters of activation were the right insula and the right precentral gyrus. The ROIs employed in the FIR analyses were: right ACC, right inferior OFC, left DLPC, right DLPC, right insula, and right precuneu. ROIs were constructed for each cluster of activation using a sphere of 10 mm around the peak of activation according to the MNI coordinate. With a similar procedure we also created ROIs for the right TPJ and left TPJ, except that the MNI coordinates were taken from Saxe's (2009) study on theory of mind.

The reverse comparison (Ambiguity > Risk) did not show any significant activation at the statistical threshold defined. The correlations between the activation scores in risk versus ambiguous conditions for each participant and the percentage of the risk options in the SCDT did not reach significant values for any of the clusters in Table 5.1.

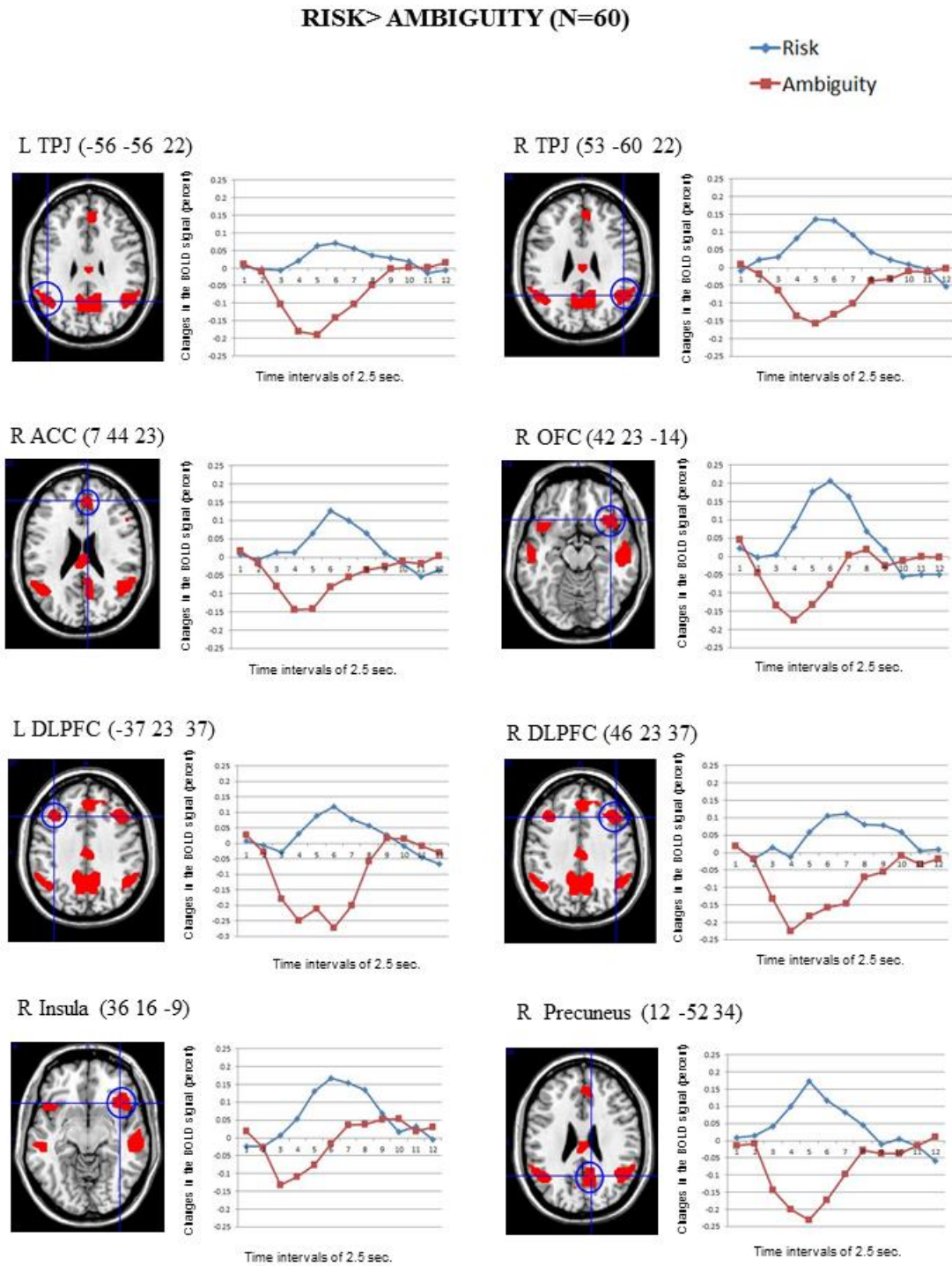


Figure 5.2. The clusters of activation in the whole-brain analyses for the contrast Risk > Ambiguity (corrected FWE, $p < .001$ and $K > 10$; $N = 60$), are circled for several regions. Changes in the BOLD signal (percent) across time for the same regions for the risk (blue) and the ambiguity (red) conditions are also show, using time intervals of 2.5 s.

Table 5.1. Significant clusters of activation in the whole-brain analysis for the contrast Risk > Ambiguity for all the participants (N=60) and by age and gender groups (FWE, corrected, $p < .001$; except contrasts marked with symbol * that employed an uncorrected threshold of $p < .001$; extent threshold > 10 voxels).

Region	BA	Cluster size	Z-score	x, y, z
R temporo-parietal junction	37	180	7.66	53 -60 22
L temporo-parietal junction	21	212	7.66	-56 -56 22
L inferior parietal lobe	40	22	6.40	-56 -51 44
R middle temporal gyrus	21	134	7.47	53 1 -23
L middle temporal gyrus	21	57	7.06	-56 -45 1
R inferior frontal gyrus, triangularis	45	15	5.83	53 23 16
R inferior frontal gyrus, orbital	38	60	6.67	42 23 -14
L inferior frontal gyrus, orbital	38	12	6.10	-49 19 -6
R middle frontal gyrus	44	28	5.89	46 23 37
L middle frontal gyrus	44	16	5.90	-37 23 37
R precentral gyrus	6	63	6.67	46 8 46
R superior frontal gyrus	8	15	6.04	23 23 46
R insula	48	12	6.67	36 16 -9
R precuneus	23	214	6.97	12 -52 34
L precuneus	23	63	6.75	-4 -52 35
R dorsomedial prefrontal cortex	9	52	6.79	5 38 43
R anterior cingulate cortex	32	12	6.79	7 44 23
Teens > Youths (*)				
R middle frontal gyrus	9	18	4.07	38 31 43
R temporoparietal junction	21	10	3.67	53 -56 19
Female > Male (*)				
R insula	48	11	3.63	38 -18 14
R superior temporal gyrus	42	14	3.62	57 -33 16

The voxel size was 3.75 mm x 3,75 mm x 3 mm

Brain regions involved in dangerous versus safe options in risk situations

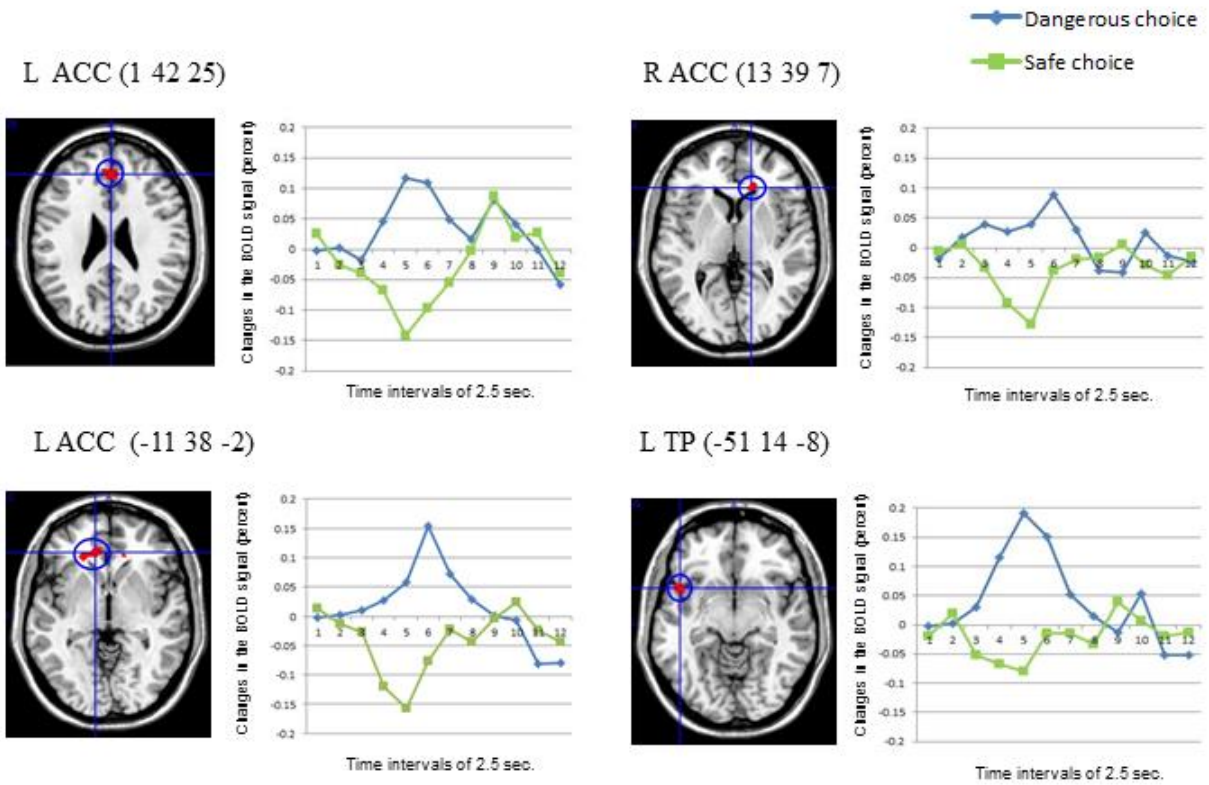
Figure 5.3A shows the main significant clusters of activation corresponding to the contrast Dangerous > Safe choices in the total sample of participants. The complete list of significant clusters is shown in Table 5.2. There were two clusters of activation involving the left ACC, one cluster involving the right ACC and one cluster involving the left superior temporal pole (TP). The resulting ROIs employed in the FIR analyses corresponded to the same activations following the same procedure than in the previous contrast. The reverse comparison (Safe > Dangerous) did not show any significant activation at the statistical threshold defined. Finally, the correlations between the activation scores in dangerous versus safe choices for each participant and the percentage of the risk choices in the SCDT did not reach significant values for any of the clusters in Table 5.2.

Table 5.2. Significant clusters of activation in the whole-brain analysis for the contrast Dangerous choice > Safe choice (N=60) and by age groups (FWE, corrected, $p < .0001$); except contrasts marked with symbol * that employed an uncorrected threshold of $p < .0001$; extent threshold > 10 voxels).

Region	BA	Cluster size	Z-score	x, y, z
All participants				
L anterior cingulum cortex	32	30	4.77	1 42 25
L anterior cingulum cortex	11	32	4.46	-11 38 -2
R anterior cingulum cortex	32	12	3.84	13 39 7
L superior temporal pole	38	19	4.56	-51 14 -8
Young adults > Adolescents*				
R middle temporal gyrus	21	15	3.87	61 -41 -5
L middle temporal gyrus	21	13	3.45	-52 -41 -2
R pre-supplementary motor area	6	12	3.40	5 1 64

The voxel size was 3mm x 3mm x 3.75 mm.

DANGEROUS CHOICE > SAFE CHOICE (N=60)



(A) Young adults > Adolescents

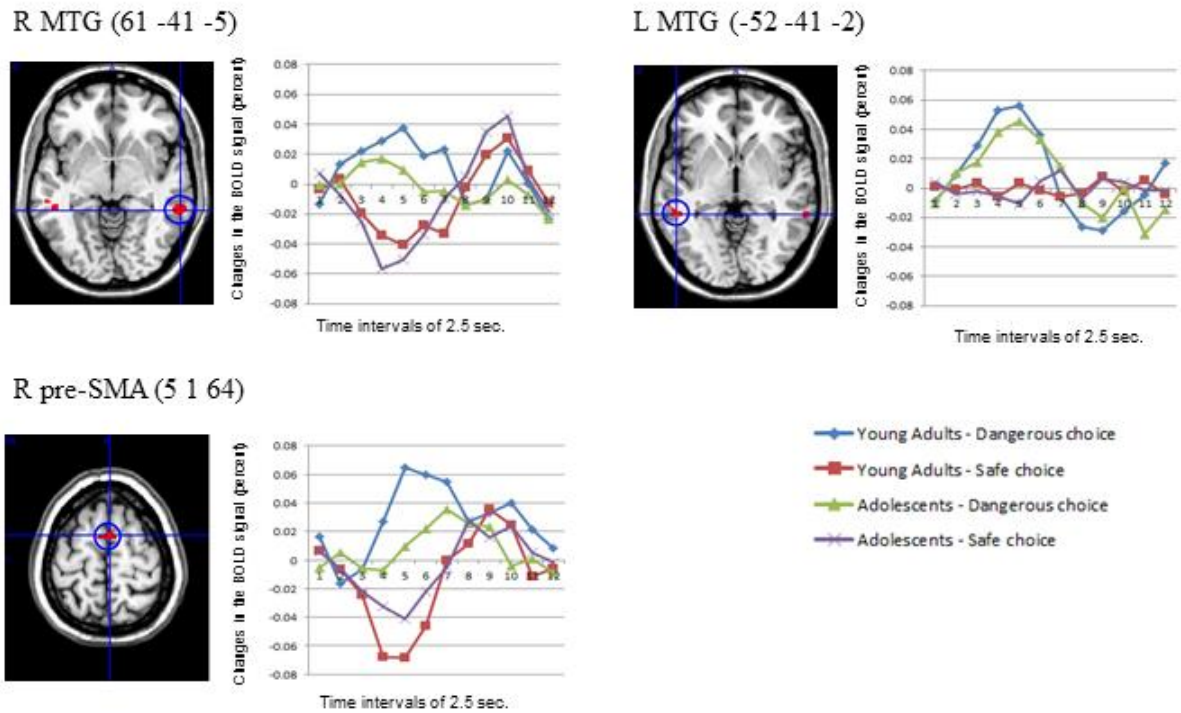


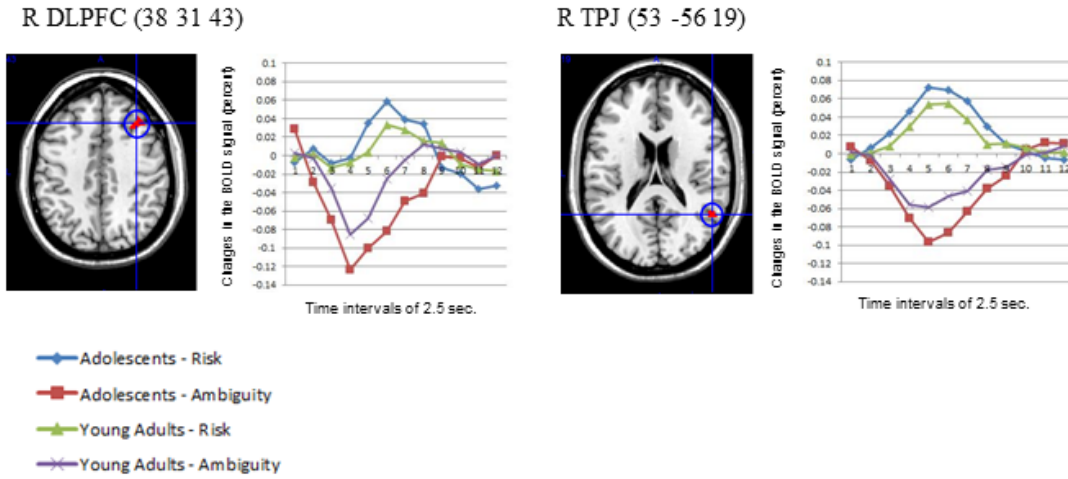
Figure 5.3. (A) The clusters of activation in the whole-brain analyses for the contrast *Dangerous > Safe choice* (uncorrected threshold, $p = .0001$ and $K > 10$; $N = 60$) are circled for several regions. Changes in the BOLD signal (percent) across time for the same regions for the dangerous (blue) and safe (green) options are also shown, using time intervals of 2.5 seconds. (B) Differential activations in Young adults ($N = 30$) compared to Adolescents ($N = 30$) in the contrast *Dangerous > Safe choice* (uncorrected threshold, $p = .0001$ and $K > 10$), produced two bilateral clusters in the middle temporal gyrus and the right pre-supplementary area. The changes in the BOLD signal across time for these regions in each age group are shown, using time intervals of 2.5 seconds.

Age- and gender-related modulations of neural processes in the SCDT

Concerning the contrast between Risk vs Ambiguous conditions, as Table 5.1 shows, the direct contrast between the two age groups produced significant differences in the adolescents $>$ young adults contrast for the right middle frontal gyrus (DLPFC) and the right temporoparietal junction (TPJ) (See Figure 5.4A). Table 5.1 also shows the direct statistical contrasts testing the gender effect, which yield significant effects in the female $>$ male comparison in the right insula and right superior temporal gyrus (see Figure 5.4B).

Concerning the contrast between Dangerous vs Safe choices, as Table 5.2 shows, the direct contrast between the two age groups produced significant differences in the young adults $>$ adolescents contrast for the right and left middle temporal gyrus (MTG) and the right pre-supplementary motor area (pre-SMA) in Figure 5.3B. No gender effects were found.

(A) Adolescents > Young adults (Risk > Ambiguity)



(B) Female > Male (Risk > Ambiguity)

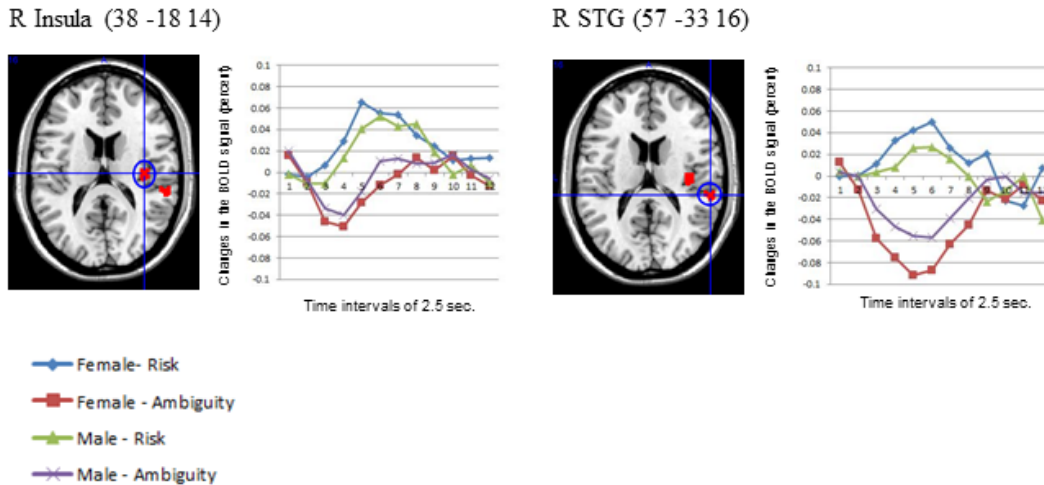


Figure 5.4. (A) Differential activations in Adolescents ($N = 30$) compared to Young adults ($N = 30$) in the contrast *Risk > Ambiguity*, produced two significant clusters in the right DLPFC and the right TPJ. The changes in the BOLD signal across time for these regions are also shown in each age group. (B) Differential activations in Females ($N = 30$) compared to Males ($N = 30$), in the contrast *Risk > Ambiguity*, produced two clusters in the right insula and the superior temporal gyrus. Also the changes in the BOLD signal across time are shown for these regions in each gender group, using time intervals of 2.5 seconds. Age and gender results were significant at an uncorrected threshold of $p = .001$, and $K > 10$.

5.4. DISCUSSION

This study explored the effects of type of decision in social decision-making in late adolescence and young adults. We developed a novel Social Context Decision Task (SCDT) involving simulated situations of risk and ambiguous decision-making in which the protagonist (“you”) is accompanied by a close peer. Behaviorally, the comprehension of the scenarios and the decision-making process requires more elaboration and more cognitive cost under the risk situation than under the ambiguous situation, as suggested by the increasing reading times of the scenarios and the larger decision times. Likewise, in risk situations participants spent more time in making a dangerous choice than a safe choice. Participants selected the dangerous choice around 35% of the trials during scanning, a figure that matches well the results of the normative study in which 40% of the risk situations were self-experienced. No differences were found between the age groups, similarly to what was found in a gambling task in another study with a broader span of age groups (e.g., Van Leijenhorst et al., 2010). Women and men chose the risky options equally often, due to the avoidance of gender-biased contents in the SCDT, and consistent with other laboratory studies on decision making (Galvan, Hare, Voss, Glover, and Casey, 2007; Gardner and Steinberg, 2005; Van Leijenhorst et al., 2010).

Regarding the neuroimaging results for the whole sample of participants, two main findings are remarkable. First, as expected, the SCDT in risk scenarios (compared to ambiguous scenarios) activated part of the control-related circuitry usually reported in the decision-making literature employing gambling tasks, namely the right ACC, the bilateral DLPFC, the bilateral OFC as well as the right insula, associated with the emotional processes in risk scenarios. The OFC activation in risk situations is not likely to be due to the higher likelihood of negative consequences for the dangerous choice since participants actually received negative consequences in 57.2% of the trials and positive consequences in 42.8% of the trials. Second, as expected, and unlike the gambling tasks in non-social contexts, the SCDT in social scenarios also activated brain areas typically related to social cognition processes: the bilateral TPJ, the bilateral middle temporal gyrus, the right dorsomedial PFC and the bilateral precuneus. These activations are compatible with our

prediction of engagement of the self-reflection network (van der Meer et al., 2010) and the ToM network (e.g., Frith and Frith, 2003; Saxe and Kanwisher, 2003). In fact, both systems greatly overlap, as the self-reflection system (specifically the dorsomedial PFC) is also responsible for evaluation and decision-making processes in self- and other-referential processing (van der Meer et al., 2010). The activation of the precuneus is also reported in both systems since this region is involved in a wide spectrum of highly self-processing operations, namely first-person perspective-taking in the experience of agency or sense of control over actions (Cavanna and Trimble, 2006) and in situation model updating during narrative comprehension (Ferstl, Neumann, Bogler and von Cramon, 2008). Unexpectedly, we also found activations in the right and left inferior frontal gyrus (IFG), a region primarily associated with language production (left IFG), but also with the perception of biological actions and mental inference, although its role as a potential component of the ToM network is still under discussion (Mar, 2011).

As predicted, the extensive involvement of the cognitive control-related brain regions in the SCDTs was specific to risk decision-making, appearing in the contrast Risk > Ambiguity. In contrast, the inverse contrast Ambiguity > Risk did not show any area significantly activated. This finding clearly departs from the more balanced pattern of control-related activations generally obtained for risk and ambiguity conditions in gambling tasks in non social contexts (e.g., Krain et al., 2006). However, in line with our results, some studies also reported more involvement of control-related regions in risk-taking or conflict resolution behavior than in more neutral situations. Thus, the right DLPFC has been found to be critical for the regulation of risk-taking behavior in gambling tasks, as suggested by a study that disrupted the DLPFC function in adults by means of repetitive TMS, resulting in an increase of dangerous choices (Knoch et al., 2006). Moreover, more ACC activation has been obtained in attention and action monitoring tasks, especially in the context of response conflict, which is a similar case to our risk decision-making scenarios (Barch, Braver, Sabb, and Noll, 2000; Brown and Braver, 2008; Modirrousta and Fellows, 2008; van Veen and Carter, 2002; Wang, Ulbert, Schomer, Marinkovic, and Halgren, 2005). Beyond the control-related activations, we also obtained activation in the right insula

in risk conditions, consistent with its role in signaling aversive consequences, which occur more frequently under risk conditions (Clark, Bechara, Damasio, Aitken, Sahakian and Robbins, 2008; Paulus and Stein, 2006; Kringelbach, and Rolls, 2004).

As predicted, the SCDT activated the brain areas presumably implicated in the social cognitive processing (self-reflection and ToM networks) in the risk situations only, not in the ambiguous situations. Before reaching a conclusion it is important to acknowledge that these brain regions partly overlap with the network involved in story comprehension (Ferstl et al., 2008; Mar, 2011). Therefore, it would be the case that the pattern of findings in the SCDT would reflect the higher verbal demands required in the processing of the risk situations than in ambiguous situations. However, verbal materials in risk and ambiguous situations were controlled for their lexical and syntactical complexity, which suggests that other non-linguistic factors are involved in the activation of this neural pattern. In particular, we propose that socio-cognitive factors would be involved in the decision-making process in social contexts. Our results clearly show that merely mentioning a character is not sufficient to trigger the activation of those regions, since participants made choices in social scenarios accompanied by peers both in risk and ambiguous conditions. Notice that just being an external observer of a participant's action is not either enough to activate them (Chein et al., 2011). Therefore, recruitment of brain regions related to social cognition processes may require thinking about a person's beliefs that is relevant to the self-decision-making, not just acknowledging a person's presence (Saxe, Carey and Kanwisher, 2004; Uddin, Iacoboni, Lange and Keenan, 2007). This condition could be achieved by stressing the relevance of the peers in the decision-making after the induction of a social exclusion episode (Peake et al., 2013).

In our study, the activation of brain areas related to social cognition processes seems especially important in those risk situations requiring participants to choose between a dangerous and a safe option. We have advanced an explanation related to the nature of the type of social decision-making involved. Social decision-making in risk situations entails for the participants two sets of clear expectancies regarding: a) the consequences for

themselves of their risky or safe choices and b) the impact of their choices to the peers' beliefs and attitudes towards themselves. For instance, participants expect that risky choices may have negative consequences for their health but also expect to obtain positive reactions from their peers, and the reverse for the safe choices. By contrast, social decision-making in ambiguous situations did not entail such clear expectancies since the consequences of the neutral choices come by accident without any control over the situation and there are no clear expectancies related to the impact of neutral choices to the peers' point of view. Therefore, the recruitment of brain regions related to social cognition processes takes place in risk situations only, where thinking about a person's beliefs is relevant to the self-decision-making.

An extensive involvement of the bilateral ACC region was obtained in the specific contrast Dangerous > Safe choices in the risk situations of the SCDT, consistent with previous studies on adolescent decision-making that emphasize the role of ACC in conflict processing as part of the control system (e.g., Chein et al., 2011; Steinberg, 2010; Van Leijenhorst et al., 2010). In contrast, the lack of involvement of the brain's reward system (e.g., VS) in the SCDT is remarkable. This finding was possibly due to the lack of feedback and/or monetary reward contingent on the participants' performance. Some researchers also observe either hypoactivity or no differences between adolescents and adults in VS responses to some reward conditions or paradigms (Pfeifer y Allen, 2012). More studies are needed to further investigate the role of the reward system in social decision-making. Also unexpectedly, a cluster of activation in the left superior temporal pole (TEP) was found in the SCDT when choosing the dangerous choice as compared to the safe choice. Primarily conceived as playing a key role in semantic memory, recent reviews show that the TEP has also been implicated in social cognition processes including emotion processing, moral cognition, person-specific knowledge, knowledge about social behavior, stereotypes, and ToM (Ferstl and von Cramon, 2007; Olson, Plotzker, and Ezzyat, 2007; Ross and Olson, 2010; Wong and Gallate, 2012). This would suggest that emotional and social processing is also implied in choosing the dangerous option (Blakemore and Robbins, 2012; Crone and Dahl, 2012). An alternate explanation is that the left TEP has been more actively engaged

in tasks that include a strong verbal component, which is likely to be the case of the SCDT (Mar, 2011). However, this explanation should be ruled out since in our normative studies both verbal choices in risk situations were controlled for semantic and syntactic complexity.

In spite of the small range of ages employed in this study, the adolescents exhibited more activation in two regions in the contrast risk > ambiguous situations. First, adolescents activated the right DLPFC significantly more than young adults. This finding is in line with previous studies using wider ranges of age groups, which also reported more activation in DLPFC areas in children and adolescents than in adults in gambling tasks (Galvan et al., 2006; Van Leijenhorst et al., 2010). According to Steinberg (2008; 2010) considerable evidence suggests that higher level cognition, including the uniquely human capacities for abstract reasoning and deliberative action, is supported by a recently evolved brain system including the lateral pre-frontal and parietal association cortices and parts of the anterior cingulate cortex to which they are highly interconnected. Second, adolescents exhibited greater activation than young adults in the right TPJ, a region considered crucial for theory of mind. Developmental fMRI studies of mental-state attribution also showed decreases in theory of mind regions (e.g., medial PFC and right TPJ) between adolescence and adulthood (Blakemore, 2008; Burnett, Sebastian, Kadosh, and Blakemore, 2011; Sebastian et al., 2011; Young et al., 2010).

When examining developmental effects in the specific contrast dangerous > safe choices in the SCDT, we found that young adults exhibited higher bilateral activations over the middle temporal gyrus and over the right pre-supplementary motor area than adolescents. The first result suggests the further engagement of part of the ToM circuitry when choosing the dangerous option as compared to the safe option at later ages. In addition, it was also found that young adults activate the pre-SMA more than adolescents during dangerous choices in the SCDT. The functional role of the pre-SMA has been recently associated with the need to exert complex cognitive control in conflict processing (Nachev, Kennard, and Husain, 2008; Usami et al., 2013), such as the ones required in free-

choice tasks like in SCDT. This cognitive control is suggested to require complex motor skills such as alternation of motor plans, task switching, acquisition of new motor skills, and motor selection. In sum, the process of choosing a dangerous option in young adults seems to involve a further consideration of the social aspects of the risk situation as well as the planning of the action involved in the choice for control purposes.

Concerning the gender differences, only young women exhibited differential activations (female > male) in the risk > ambiguous contrast in SCDT. Specifically, young women elicited more activation in the right insula and the superior temporal gyrus than young men under risky decision-making conditions, suggesting that they probably get more emotionally engaged in the anticipation of aversive outcomes resulting from dangerous options (Clark et al., 2008). Increased insula activity in women is also consistent with the hypothesis that they could be more empathic with the character's risky decision-making than men, as the role of this region in empathic processing has been well established (Botvinick et al., 2005; Singer et al., 2004; Jackson et al., 2006; Saarela et al., 2007; Singer et al., 2006; Lamm et al., 2007). Right and left TPJ were similarly activated for both genders in our study, however only women activated one region of the ToM network more than men, namely the right superior temporal gyrus, suggesting their further engagement in the modeling of peers' state of mind. No further gender differences were found when considering the specific contrast dangerous > safe options.

In conclusion, neuroimaging results with the SCDT have demonstrated a differential pattern of activations in neural networks related to cognitive control and social cognition processes in the risk situations compared to the ambiguous situations, even though in both cases a decision is made in a naturalistic scenario including the presence of peers. While the activation of control-related regions was also shown in previous studies of decision-making using a variety of tasks, it appears that the activation of brain regions implied in emotional and social cognition processes is specific to social decision-making tasks in which the presence of peers in the scenario is relevant for the type of decisions being made. Choosing the dangerous option involved a further activation of control areas (ACC) and an emotional

and social cognition area (TEP), which was not previously reported in decision-making studies. The cognitive control and ToM systems were dependent on the participants' age in the right DLPFC and right TPJ regions, respectively, towards a more mature functioning. Further engagement in ToM regions (bilateral MTG) and in motor control regions (pre-SMA) related to the planning of actions were found in young adults when choosing the dangerous option. Finally, female participants more than males differentially activated the right insula and right superior temporal gyrus suggesting that they get more emotionally engaged and performed an additional modeling of the peer's state of mind in the risky decision-making conditions.

Our findings with the SCDT contribute in three ways to the current dual model of adolescent risk-taking based on the existence of a developmental imbalance between the cognitive control and reward brain circuitry (Casey et al., 2011; Ernst et al., 2009; Somerville et al., 2010; Steinberg, 2008, 2010). First, the present activation patterns suggest the engagement of emotional and social cognition processes in risk decision-making, in addition to the cognitive control processes traditionally reported. Second, our developmental findings indicate that control processes in risk decision-making are not the only ones that undergo late developments but also the emotional and social cognition processes (Blakemore and Robbins, 2012; Crone and Dahl, 2012). Finally, our results highlight the need of improving the functional attribution of developmental results (Pfeifer and Allen, 2012). In the same study, we have obtained developmental changes indicating that teens activate the right regions of DLPFC and TPJ more than young adults as well as changes indicating that young adults activate the MTG and the pre-SMA more than adolescents. The notion of neural efficiency, as it reflects the need to engage more brain activity in these areas in the less mature brain, is compatible with the first results but not with the second ones. In sum, the present findings substantiate the call for more comprehensive developmental accounts that incorporate the role of emotional and social cognition processes in risk decision-making in social contexts and refine the interpretation of the developmental changes observed.

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN GENERAL

En esta tesis se ha examinado la toma de decisiones de riesgo que realizan los adolescentes en presencia de su grupo de iguales, usando escenarios verbales que describen situaciones de la vida real. Tras un primer estudio normativo para la verificación del material verbal elaborado, se llevó a cabo un estudio conductual para poner a prueba el paradigma experimental a utilizar en esta tesis. En este segundo estudio, realizado en un amplio rango de edades desde la adolescencia inicial hasta la juventud temprana, se examinó el proceso de toma de decisiones contrastando situaciones de riesgo con situaciones ambiguas como condición de control, en la Tarea de Decisiones en Contextos Sociales (TDCS). Además, se analizó el impacto de incluir en dicho paradigma experimental una condición de feedback reportando las ganancias o pérdidas de salud y popularidad en cada ensayo. Las variables dependientes fueron los porcentajes de elecciones y el tiempo de decisión en la etapa de la toma de decisiones y la evaluación emocional de las consecuencias que observaban los adolescentes tras las mismas, así como el tiempo de observación del feedback. Además, se analizó el impacto en la toma de decisiones en la tarea TDCS, del rendimiento en una tarea de toma de decisiones pero libre de contenido (tarea BART) y de una serie de constructos evolutivos autoreportados que evalúan dimensiones asociadas a los comportamientos de riesgo tales como búsqueda de sensaciones, empatía y resistencia ante la influencia de los iguales. Una vez analizada y validada la tarea se llevó a cabo un tercer estudio donde se exploraron los correlatos neuronales del tipo de decisión (riesgo o ambiguo) y el tipo de opción (riesgo y segura) en la tarea TDCS mediante la técnica de resonancia magnética funcional aplicada a participantes de dos grupos de edad próximos: la adolescencia tardía frente a adultos jóvenes.

Los resultados obtenidos a nivel conductual (tanto en el estudio conductual como en el estudio de neuroimagen) nos muestran que la comprensión de las situaciones y el proceso de toma de decisiones requiere de una mayor elaboración y un mayor coste cognitivo en las situaciones de riesgo que en las situaciones ambiguas, tal y como se puede observar en los tiempos más amplios de lectura de los escenarios y los tiempos de decisión más amplios. Estos resultados sugieren una mayor complejidad del proceso de toma de decisiones cuando

se tiene control sobre las consecuencias lo que sucede en el caso de las situaciones de riesgo pero no en las situaciones ambiguas donde las consecuencias se dan al azar. Además, en el caso de las situaciones de riesgo, donde los resultados son previsibles y tienen repercusiones en el mundo social del adolescente, los participantes tienen que modelar no solo sus puntos de vista sino los puntos de vista de los demás sobre su propia acción lo que implica la capacidad de integrar ambos en el proceso de toma de decisiones (Crone, Zanolie, Van Leijenhorst, et al., 2008).

En ambos estudios, los participantes realizaban un porcentaje de elecciones peligrosas que fluctuaba entre el 38 % (estudio conductual) y el 35% (estudio de neuroimagen), siendo porcentajes muy similares a los que encontramos en los estudios normativos (ver capítulo 3). Todo ello indica que las variaciones en los contextos de la tarea (estudio normativo, estudio computerizado en el aula y estudio en el escáner) no han modificado sustancialmente estos resultados lo que da cuenta de la validez ecológica de la tarea TDCS.

En ambos estudios no se encontraron diferencias en el porcentaje de elecciones de riesgo entre los diferentes grupos de edad, tal y como se encontró en otros estudios con una tarea de juegos de azar con un grupo más amplio de edad (por ejemplo, Van Leijenhorst et al., 2010). Tampoco se encontraron diferencias en función del género, en consonancia con otros estudios de laboratorio sobre la toma de decisiones (Galván, Hare, Voss, Glover, y Casey, 2007; Gardner y Steinberg, 2005;. Van Leijenhorst et al, 2010). De manera que el hecho de estar evaluando situaciones de la vida real no ha introducido ningún tipo de sesgo en los resultados con respecto a los hallados en la mayoría de los estudios con tareas de juego.

No obstante, nuestra tarea presenta una ventaja importante frente a la mayoría de las tareas de juegos y es que permite tomar medidas cronométricas que han resultado ser más sensibles para captar diferencias más sutiles asociadas a la edad y al género. Así, en la fase de toma de decisiones se observan cambios generales y específicos asociados probablemente a mejoras en las funciones ejecutivas relacionadas con el mayor control del prefrontal (e.g., Schiebener et al., 2014). Dichas mejoras no solo permiten una toma de

decisiones más rápida con la edad sino también el dedicar un mayor tiempo a las decisiones de riesgo que a las seguras en la adolescencia tardía y la juventud, lo que podría facilitar en el futuro una reducción en los comportamientos de riesgo. Con relación a los efectos de género, se encontró que las mujeres dedican más tiempo a evaluar la toma de decisiones de riesgo lo que resulta consistente con estudios previos que señalan el carácter aversivo de dichas conductas para ellas (Bohlin y Erlandsson, 2007; Van Leijenhorst et al., 2008).

Cuando se evaluó el efecto del feedback en el proceso de toma de decisiones, se encontraron mayores porcentajes de riesgo en la condición de feedback, y los tiempos para tomar las decisiones de riesgo fueron más breves que en la condición sin feedback. Estos datos muestran que los participantes están prestando menos atención a la ejecución de toma de decisiones peligrosas en la condición de feedback y que elaboran más la información de las consecuencias cuando no tienen feedback. Además, cuando los participantes realizaban la evaluación emocional de las consecuencias, la presencia del feedback atenuaba su experiencia emocional en comparación con la ausencia de feedback, sobre todo en las consecuencias negativas. Lo que parece cambiar con la edad es la capacidad de hacer evaluaciones emocionales más rápidas y recabar más recursos cognitivos de manera diferencial cuando no hay información adicional disponible en la tarea (sin feedback), en relación a las situaciones en que sí se cuenta con dicha información (feedback). Todo ello sugiere que los incrementos en la popularidad ante los iguales que conllevan las decisiones de riesgo llegan a superar la valoración de las consecuencias negativas para la salud, probablemente como resultado de la competición entre los procesos afectivos y de control, lo que resulta compatible con los modelos duales (e.g., Somerville et al., 2010; Casey et al., 2011). Asimismo, los resultados señalan que el uso de paradigmas sin feedback se ajusta mejor a un procesado de toma de decisiones y una experiencia emocional de las consecuencias más acorde con las condiciones reales donde no se cuenta de inmediato con el feedback de las consecuencias, lo que pone en cuestionamiento el uso masivo del feedback característico de las tareas de juego.

Cuando observamos los resultados que obtenemos en el estudio de neuroimagen se observan patrones de activación radicalmente diferentes en la tarea TDCS cuando se

presentan escenarios de riesgo en comparación con los escenarios ambiguos. En el contraste de activaciones realizado, se observa en los escenarios de riesgo la activación de áreas cerebrales relacionadas con el circuito del control como usualmente se reporta en la literatura de la toma de decisiones empleando tareas de juego, como son el ACC derecho, el DLPFC bilateral, y de activaciones del OFC bilateral, o la ínsula derecha que está vinculada al procesamiento emocional en situaciones de riesgo. Dichas activaciones no aparecen en las situaciones ambiguas donde se da también la toma de decisiones lo que indica que esta pauta refleja la toma de decisiones cuando se cuenta con el control de las consecuencias ya que éstas son esperables. Hasta aquí los resultados concuerdan con los modelos duales con la excepción de que no se encontraron activaciones en los circuitos de recompensa subcorticales como el núcleo accumbens o el ventro-estriatum, probablemente porque en este caso no se presentó ningún tipo de feedback inmediato.

El resultado más notable de nuestro estudio es la activación de áreas cerebrales que están típicamente vinculadas a los procesos de cognición social: La TPJ bilateral, el giro temporal medio, el PFC dorsolateral derecho y el precuneus bilateral. Estas activaciones son compatibles con nuestra predicción de que la toma de decisiones en contextos sociales implican la participación de una red autoreflexiva (van der Meer et al., 2010) y una red de la teoría de la mente o ToM (e.g., Frith y Frith, 2003; Saxe y Kanwisher, 2003). De hecho, ambos sistemas neuronales se solapan en gran medida, ya que el sistema autoreflexivo (específicamente el dorsomedial PFC) es también responsable de los procesos de evaluación y toma de decisiones en el procesamiento autoreferencial y la referencia a los otros (van der Meer et al., 2010). La activación del precuneus también se observa en ambos sistemas, ya que esta región está involucrada en un amplio espectro de operaciones de auto procesamiento de alto nivel, es decir, en la toma de perspectiva en primera persona como experiencia de agentividad o la sensación de control sobre las acciones (Cavanna and Trimble, 2006) y para la elaboración de modelos de situación en la comprensión de narrativas (Ferstl, Neumann, Bogler y von Cramon, 2008). También se encontraron activaciones en el giro frontal inferior derecho e izquierdo (IFG), una región que no solo está vinculada a la producción del lenguaje (IFG izquierda), sino que también se activa

ante la percepción de acciones biológicas e inferencias mentales, aunque su rol como un componente esencial en la red de la ToM está muy discutido actualmente (Mar, 2011).

Las diferencias de edad y de género nos muestran que en los adolescentes se dan mayores activaciones que en los jóvenes en el DLPFC derecho lo que está acorde con estudios previos que interpretan la presencia de mayores activaciones como efecto de compensación de la menor eficiencia en el procesamiento de estas áreas en los adolescentes (Galvan et al., 2006; Steinberg, 2010; Van Leijenhorst et al., 2010). Asimismo, los adolescentes exhiben mayores activaciones en el TPJ derecho que es crucial para la atribución de estados mentales a los demás como parte del circuito ToM (Blakemore, 2008; Young et al., 2010; Burnett et al., 2011; Sebastian et al., 2011). En cuanto a las diferencias de género, los resultados confirman el carácter aversivo que tiene para las mujeres las situaciones de riesgo ya que se activan la Insula derecha y el giro temporal superior (Clark et al., 2008), este segundo que forma parte también del circuito de la teoría de la mente. En consonancia con estudios evolutivos recientes (e.g., Blakemore y Robbins, 2012; Crone y Dahl, 2012), nuestros resultados apoyan la existencia de cambios tardíos en el procesamiento socioafectivo de la información contextual además de los cambios en los sistemas de control prefrontal.

En suma, nuestros resultados avalan parcialmente los obtenidos en los modelos duales pero aportan un tercer componente que no se ha tenido en cuenta en estudios anteriores. Se trata de la activación de áreas relacionadas con la cognición social, con el procesamiento autoreferente y el de otros que se pone de manifiesto en tareas de decisión llevadas a cabo en contextos sociales. En este sentido, estamos de acuerdo con las ideas planteadas por algunos autores que han cuestionado ciertos aspectos del modelo dual (Pfeifer y Allen, 2012), sobre todo por las interpretaciones ad hoc de los patrones de activaciones reduciéndolas a los dos circuitos neurológicos. Sin embargo, la ampliación de la tarea a situaciones más realistas ha bastado para que se pongan de manifiesto otros circuitos que previamente no se habían reportado y que deben formar parte de un modelo más comprehensivo de la toma de decisiones de riesgo.

6.1. LIMITACIONES

Al querer mantener la validez ecológica de la tarea TDCS, hemos observado dos posibles limitaciones del estudio. En primer lugar, no hemos incluido consecuencias negativas cuando los participantes realizaban elecciones seguras, y por lo tanto, se podría argumentar que no se puede realizar un cruce factorial de las consecuencias. Y en segundo lugar, la información del feedback difiere en las situaciones de riesgo (Salud y popularidad entre iguales) y en las situaciones ambiguas (solo salud). Si hubiéramos introducido un peso arbitrario de ganancias o pérdidas en la popularidad de los iguales en función de las elecciones neutras, en lugar de una puntuación de “cero”, no sabríamos de qué forma podrían haber afectado a los resultados. Además, para la fase de decisión utilizamos la opción segura para compararla con la elección arriesgada y nunca la contrastamos con las opciones neutras. El uso de escenarios de la vida real implica algunos riesgos, pero creemos que merecen la pena porque nos permiten a los participantes visualizar cursos de acción y prever las consecuencias, además de proporcionarles una vivencia real de los estados emocionales relacionados con las consecuencias.

En cuanto al estudio de neuroimagen, debe mencionarse dos limitaciones importantes. Las activaciones en las redes neuronales del control y la cognición social no estaban relacionadas con las diferencias individuales en las toma de riesgos en la tarea TDCS. Esto se debe probablemente a la reducida variabilidad individual en la tarea de toma de decisiones, como resultado de la proximidad de los dos grupos de edad que hemos evaluado y la selección de escenarios de riesgo típicos acordes a los estudios normativos. De hecho, el rendimiento en la tarea TDCS no fue sensible a las diferencias de edad o género. Esta falta de sensibilidad limita la capacidad del estudio para explicar las diferencias individuales en el comportamiento de toma de riesgos reales en contextos sociales. Esto también limita tener unas conclusiones sólidas con respecto al rol específico que desempeña la autorreflexión y los procesos de la teoría de la mente en el comportamiento de toma de riesgos. Las aplicaciones futuras de la TDCS a un grupo de adolescentes y jóvenes de alto riesgo (por ejemplo, con medidas judiciales) aumentaría la variabilidad individual, proporcionando así nuevas perspectivas sobre el papel de los procesos de la cognición social en la toma de decisiones sociales. En segundo lugar, en estudio

posteriores se puede dilucidar el papel exacto de la presencia de los iguales ya que aquí dicha presencia se mostraba de manera regular en todas las situaciones.

6.2. IMPLICACIONES PRÁCTICAS

La comprensión de los procesos de toma de decisiones es fundamental para poder prevenirlos y promover intervenciones reparadoras cuando ya se han producido. Comprender mejor los mecanismos neuronales subyacentes a la toma de decisiones de riesgo en contextos sociales, puede derivar en un método de aprendizaje, de manera que se podría desarrollar un programa de intervención destinado a mejorar la toma de decisiones de los adolescentes bajo la presión de su grupo de igual con contextos de aprendizaje de la vida real. Uno de los aspectos claves de esta formación sería aumentar la atención en el desarrollo de cursos de acción alternativos, los pensamientos contrafactuales de lo que podría haber ocurrido si se hubiera tomada una elección diferente. En la medida que los adolescentes experimenten la emoción del arrepentimiento esto podría ser una buena señal de mejora, ya que esta emoción normalmente es el punto de partida para dirigir la evaluación de la calidad de sus decisiones, lo que conduce a un sentimiento de autculpabilidad, o al sentido de responsabilidad sobre la obtención de un resultado desfavorable. También se podrían utilizar algunos indicadores neurológicos de cambio, como una forma de testar la eficacia de la intervención.

6.3. INVESTIGACIONES FUTURAS

Si bien esta tesis centró su foco de atención en conocer cuáles son las áreas cerebrales implicadas en la primera fase de la toma de decisiones, es decir, en la elección de los cursos de acción posibles, no deja de ser igual de relevante el análisis de la actividad cerebral asociada a la fase de obtención de las consecuencias por haber tomado una decisión determinada. De hecho el paradigma de la tarea experimental está previsto para recoger también esta información con la presencia de una segunda señal BOLD tras la lectura de las consecuencias, lo cual nos va a permitir explorar las áreas cerebrales asociadas a las emociones vinculadas a la obtención de consecuencias como son: el arrepentimiento por

obtener un resultado desfavorable después de tomar una decisión arriesgada, el alivio por obtener un resultado favorable después de tomar una decisión arriesgada, el desagrado al haber tomado una decisión neutra y a pesar de ello obtener un resultado desfavorable o la alegría de obtener un resultado favorable tomando una decisión neutra.

Es también factible el llevar a cabo estudios con técnicas de estimulación cerebral no invasiva llevados a cabo con la misma tarea para analizar los cambios en la toma de decisiones y en la evaluación emocional de las consecuencias que podrían producirse al estimular las diversas áreas cerebrales encontradas en el presente estudio con el fin de conocer realmente su funcionalidad en la toma de decisiones de riesgo.

Asimismo, está previsto en breve la recogida de datos para un estudio con este paradigma incluyendo menores y jóvenes participantes que están bajo medidas judiciales por haber delinquido. Con ello podemos contrastar el proceso de toma de decisiones y de evaluación emocional de consecuencias en estos participantes con aquellos control que sean comparables en una serie de variables sociodemográficas y teniendo en cuenta la contribución de posibles trastornos psiquiátricos y perfiles de vulnerabilidad debido a haber sufrido adversidades tempranas como maltrato infantil. De este modo, podremos encontrar lo que hay de diferencial en estos grupos con respecto al proceso normal de desarrollo de los adolescentes de estas mismas edades.

En suma, es evidente que se necesitan más estudios que realicen un análisis más integral de la toma de decisiones de los adolescentes en contextos sociales naturales, donde se tenga también en consideración el papel que juegan los procesos emocionales y socio cognitivos en el desarrollo de las conductas de riesgo.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONS

1. This thesis examined the risk decision-making process in the adolescence and young adulthood in presence of peers, using verbal scenarios that describe real-life situations drawn from normative studies.
2. A new decision-making task in social situations (SCDT) has been elaborated inserted in a new experimental paradigm in which the choices made are registered as well as the emotional evaluation of the outcomes and the results have been obtained from several age groups across the adolescence and young adulthood.
3. The comprehension of the situations and the process of decision-making require greater cognitive cost in risk situations than in ambiguous situations, suggesting an increased complexity of decision-making when there is control of the consequences.
4. The use of the SCDT task has shown to be more sensitive than that of gambling tasks in revealing chronometric differences associated to age and gender, allowing a faster processing of the decision-making and more time devoted to the risky option with respect to the safe option.
5. The use of feedback on health and peer popularity at the end of each trial has produced drastic changes towards choosing more risky options and an emotional attenuation of the outcomes, what makes adolescents more vulnerable to persevere in risk-taking attitudes.
6. It is recommended the use of a paradigm without feedback in social contexts, since it better fits with the natural situations in which consequences are not available immediately, calling into question the widespread use of feedback in gambling tasks.
7. Risk scenarios compared to ambiguous scenarios activate brain areas related to the control circuit as the right ACC, bilateral DLPFC, and the bilateral OFC, or right insula the latter ones linked to emotional processing, suggesting that these are areas

involved in the decision making when there is control over the consequences. These results are consistent with dual model's proposals with the exception that no activations were found in subcortical reward circuits as the nucleus accumbens or ventra striatum, probably because the BOLD signal is placed at the decision-making stage and not at the consequences stage.

8. The most striking result of our study is the activation of brain areas that are typically linked to the social cognition processes: The bilateral TPJ, middle temporal gyrus, the right dorsolateral PFC and bilateral precuneus. These activations are consistent with our prediction that decision making in social contexts may involve a self-reflexive network and a network of theory of mind or ToM network.
9. Age differences in the pattern of brain activations support the existence of late changes in the socio-emotional processing of contextual information in addition to changes in prefrontal monitoring systems since there is greater activation of DLPFC in adolescence as offsetting effect of lower efficiency, whereas young people show greater activation in the right TPJ which plays a key role in attributing mental states to others.
10. As for gender differences, the results confirm the risk aversion in women showing stronger activations than men in the right insula and the superior temporal gyrus, this second area also belonging to the theory of mind circuit.
11. Results of this thesis partially endorse those obtained in support for dual models but reveal a third component that has not been considered in previous studies. This component involves the activations related to the social cognition areas, such as the self-referential processing areas and theory of mind areas, suggesting that more comprehensive models of risk decision-making in social situations should be elaborated to provide a full account of all these components.

12. Results of this thesis can also inspire or support prevention programs for risky behavior in the adolescence, suggesting that besides to promote the development of executive functions linked to the frontal lobe, there should be more attention to promote socio-emotional competences linked to the social cognition brain areas described. This may allow a more complex representation of the risk decision-making in social situations involving peers. In this regard, it is recommended to take into account individual differences in sensation seeking, empathy and resistance to peer influences.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adler, P. A., y Adler, P. (1998). *Peer power: Preadolescent culture and identity*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.
- Adolphs, R. (2001). The neurobiology of social cognition. *Current Opinion in Neurobiology*, 11(2), 231-239.
- Adolphs, R. (2003). Cognitive neuroscience of human social behavior. *Nature Reviews Neuroscience*, 4, 165–178.
- Adolphs, R. (2003). Is the human amygdala specialized for processing social information? *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 985, 326–340.
- Aguirre, G. K., Zarahn, E. y D'Esposito, M. (1998). The variability of human, BOLD hemodynamic responses. *Neuroimage*, 8(4), 360-369.
- Ainslie, G. (1992). *Picoeconomics: The strategic interaction of successive motivational states within the person*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. In J. Kuhl y J. Beckmann (Eds.), *Action-control: From cognition to behavior* (pp. 11-39). Heidelberg: Springer.
- Ajzen, I., (1989). Attitude structure and behavior. In A.R. Pratkanis, S.J. Breckler, y A.G. Greenwald (Eds.), *Attitude structure and function* (pp. 241–274). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50, 179–211.
- Ajzen, I. (2001). Nature and Operation of attitudes. *Annual Review of Psychology*, 52(1), 27-58.
- Ajzen, I. (2006). Theory of Planned Behavior [Electronic Version]. Retrieved 7 de marzo de 2011, from <http://people.umass.edu/aizen/tpb.html>
- Ajzen, I. (2008). Consumer attitudes and behavior. In C. P. Haugtvedt, P. M. Her y F. R. Cardes (Eds.), *Handbook of Consumer Psychology* (pp. 525- 548). New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ajzen, I. y Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and prediction social behavior*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Aklin, W.M., Lejuez, C.W., Zvolensky, M.J., Kahler, C.W. y Gwadz, M. (2005).

- Evaluation of behavioral measures of risk taking propensity with inner city adolescents. *Behavior Research and Therapy*, 43, 215-228.
- Amodio, D.M. y Frith, C.D. (2006). Meeting of minds: the medial frontal cortex and social cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(4), 268-77.
- Andersen, S.L., Rutstein, K., Benzo, J.M., Hostetter, J.C. (1997). Sex differences in dopamine receptor overproduction and elimination. *NeuroReport*, 8, 1495-1498.
- Andersson, J. L. R., Hutton, C., Ashburner, J., Turner, R. y Friston, K. (2001). Modeling geometric deformations in EPI time series. *Neuroimage*, 13(5), 903-919.
- Andrews-Hanna, J. R., Seghete, K. L. M., Claus, E. D., Burgess, G. C., Ruzic, L. y Banich, M. T. (2011). Cognitive control in adolescence: neural underpinnings and relation to self-report behaviors. *PLoS One*, 6(6), e21598.
- Arain, M., Haque, M., Johal, L., Mathur, P., Nel, W., Rais, A., y Sharma, S. (2013). Maturation of the adolescent brain. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 9, 449.
- Armstrong, E., Schleicher, A., Omran, H., Curtis, M., Zilles, K. (1995). The ontogeny of human gyrification. *Cerebral Cortex* 5 (1), 56-63.
- Arnett, J. (1990). Contraceptive use, sensation seeking, and adolescent egocentrism. *J Youth Adolesc* 19(2), 171-180.
- Arnett, J. (1992). Reckless behavior in adolescence: a developmental perspective, vol 12. Netherlands, Elsevier Science, 339-373.
- Arnett, J. J. (1999). Adolescent storm and stress, reconsidered. *American Psychologist*, 54(5), 317-326.
- Arnett, J. J. (2000). Emerging adulthood: A theory of development from the late teens through the twenties. *American psychologist*, 55(5), 469.
- Aron, A. R., Robbins, T. W. y Poldrack, R. A. (2004). Inhibition and the right inferior frontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(4), 170-177.
- Asato, M.R. (2010). White matter development in adolescence: a DTI study. *Cereb. Cortex* 20, 2122-2131.
- Ashburner, J. y Friston, K. J. (1999). Nonlinear spatial normalization using basis functions. *Human Brain Mapping*, 7(4), 254-266.
- Astle, D.E. y Scerif, G. (2009) Using developmental cognitive neuroscience to study behavioral and attentional control. *Dev. Psychobiol.* 51, 107-118.

- Au, W. M., Ho, S. Y., Wang, M. P., Lo, W. S., Tin, S. P. P., Huang, R., y Lam, T. H. (2014). Alcohol drinking and pro-drinking practices in parents of Hong Kong adolescents. *Alcohol and alcoholism*, 49(6), 668-674.
- Babalola, S. (2004). Perceived peer behavior and the timing of sexual debut in Rwanda: A survival analysis of youth data. *Journal of Youth and Adolescence*, 33, 353–363.
- Bahr, S. J., Hoffmann, J. P. y Yang, X. (2005). Parental and peer influences on the risk of adolescent drug use. *Journal of Primary Prevention*, 26(6), 529-551.
- Bailey, S. L., Gao, W. y Clark, D. B. (2006). Diary study of substance use and unsafe sex among adolescents with substance use disorders. *Journal of Adolescent Health*, 38(3), 297-e13.
- Baird, A. A., Colvin, M. K., VanHorn, J. D., Inati, S. y Gazzaniga, M. S. (2005). Functional connectivity: integrating behavioral, diffusion tensor imaging, and functional magnetic resonance imaging data sets. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(4), 687-693.
- Baird, A.A. y Fugelsang, J.A. (2004). The emergence of consequential thought: Evidence from neuroscience. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 359, 1797–1804.
- Baird, A., Fugelsang, J. y Bennett, C. (2005). "What were you thinking?": An fMRI study of adolescent decision making. Poster presented at the 12th Annual Cognitive Neuroscience Society (CNS) Meeting, New York.
- Baird, A., Gruber, S., Fein, D., Maas, L., Steingard, R., Renshaw, P., et al. (1999). Functional magnetic resonance imaging of facial affect recognition in children and adolescents. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 38, 195–199.
- Bandettini, P. A. (2009). Seven topics in functional magnetic resonance imaging. *Journal of Integrative Neuroscience*, 8(3), 371-403.
- Barch, D., Braver, T., Sabb, F. y Noll, D. (2000). Anterior cingulate and the monitoring of response conflict: Evidence from an fMRI study of overt verb generation. *Cognitive Neuroscience, Journal of*, 12(2), 298-309.
- Baron, J. (2003). *Thinking and deciding*. Cambridge, England: Cambridge University Press.

- Baxter, M. G. y Murray, E. A. (2002). The amygdala and reward. *Nature reviews neuroscience*, 3(7), 563-573.
- Bechara, A. (2004a). The role of emotion in decision-making: Evidence from neurological patients with orbitofrontal damage. *Brain Cogn* 55, 30 – 40.
- Bechara, A., Damasio, A., Damasio, H. y Anderson, S. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*, 50, 7–15.
- Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D. y Damasio, A. R. (2005). The Iowa Gambling Task and the somatic marker hypothesis: some questions and answers. *Trends in cognitive sciences*, 9(4), 159-162.
- Bechara, A., Tranel, D., Damasio, H. y Damasio, A.R. (1996). Failure to respond autonomically to anticipated future outcomes following damage to prefrontal cortex. *Cereb. Cortex* 6, 215–225.
- Bellis, M. A., Downing, J., y Ashton, J. R. (2006). Adults at 12? Trends in puberty and their public health consequences. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 60(11), 910-911.
- Benes, F.M., Taylor, J.B., Cunningham, M.C. (2000). Convergence and plasticity of monoaminergic systems in the medial prefrontal cortex during the postnatal period: implications for the development of psychopathology. *Cereb. Cortex*, 1014 (1027).
- Benton, L.A., Hamsher, K. y Sivan, A.B., 1994. Controlled Oral Word Association Test, In Multilingual aphasia examination (3rd ed.), Iowa City, IA: AJA.
- Berg, E. (1948). A simple objective technique for measuring flexibility in thinking. *J. Gen. Psychol.* 39, 15-22.
- Berlucchi, G. y Aglioti, S. (1997). The body in the brain: neural bases of corporeal awareness. *Trends in Neurosciences*, 20(12), 560-564.
- Berns, G. S., McClure, S. M., Pagnoni, G. y Montague, P. R. (2001). Predictability modulates human brain response to reward. *The Journal of Neuroscience*, 21(8), 2793-2798.
- Berns, G.S., Moore, S. y Capra, C.M. (2009). Adolescent engagement in dangerous behaviors is associated with increased white matter maturity of frontal cortex. *PLoS one*, 4(8), e6773.

- Berridge, C. W. y Waterhouse, B. D. (2003). The locus coeruleus–noradrenergic system: modulation of behavioral state and state-dependent cognitive processes. *Brain Research Reviews*, 42(1), 33-84.
- Berríos-Valenzuela, L., y Buxarráis-Estrada, M. R. (2013). Education in Values: An Analysis of Expectations and Values among Teenagers. *Educación y Educadores*, 16(2), 244-264.
- Bjork, J., Knutson, B., Fong, G., Caggiano, D., Bennett, S., y Hommer, D. (2004). Incentive-elicited brain activation in adolescents: Similarities and differences from young adults. *Journal of Neuroscience*, 24, 1793–1802.
- Bjork, J. M., Smith, A. R., Chen, G. y Hommer, D. W. (2010). Adolescents, adults and rewards: Comparing motivational neurocircuitry recruitment using fMRI. *Plos One*, 5(7), e11440.
- Blakemore, S. J. (2008). The social brain in adolescence. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(4), 267–277.
- Blakemore, S.J. (2011). Imaging brain development: the adolescent brain. *Neuroimage* 61, 397–406.
- Blakemore, S. J., Burnett, S. y Dahl, R. E. (2010). The role of puberty in the developing adolescent brain. *Human brain mapping*, 31(6), 926-933.
- Blakemore, S. y Choudhury, S. (2006). Development of the adolescent brain: Implications for executive function and social cognition. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47, 296-312.
- Blakemore, S.J., Den Ouden, H., Choudhury, S. y Frith, C. (2007). Adolescent development of the neural circuitry for thinking about intentions. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2(2), 130–9.
- Blakemore, S.J. y Robbins, T.W. (2012). Decision-making in the adolescent brain. *Nature neuroscience*, 15, 1184-1191.
- Bohlin, M. C. y Erlandsson, S. I. (2007). Risk behavior and noise exposure among adolescents. *Noise & health*, 9, 55-63.
- Bonnie, R.J., y O’Connell, M.E. (2004). Reducing underage drinking: A collective responsibility. Washington, DC: National Academies Press.

- Boothroyd, L. G., Meins, E., Vukovic, J., y Burt, D. M. (2014). Developmental Changes in Children's Facial Preferences. *Evolution and Human Behavior*.
- Borghans, L., Golsteyn, G.H., Heckman, J.J. y Meijers, H. (2009). Gender differences in risk aversion and ambiguity aversion. *Journal of European Economical Association*, 7, 649-658.
- Botvinick, M.M., Braver, T.S., Barch, D.M., Carter, C.S., Cohen, J. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychol. Rev.* 108 (3), 624–652.
- Botvinick, M., Jha, A. P., Bylsma, L. M., Fabian, S. A., Solomon, P. E. y Prkachin, K. M. (2005). Viewing facial expressions of pain engages cortical areas involved in the direct experience of pain. *Neuroimage*, 25(1), 312-319.
- Boyer, T.W. (2006). The development of risk-taking: A multi-perspective review. *Developmental Review*, 26, 291–345.
- Brain Development Cooperative Group. (2012). Total and regional brain volumes in a population-based normative sample from 4 to 18 years: the NIH MRI study of normal brain development. *Cerebral Cortex*, 22(1), 1-12.
- Breiter, H. C. y Rosen, B. R. (1999). Functional magnetic resonance imaging of brain reward circuitry in the human. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 877(1), 523-547.
- Brett, M., Anton, J., Valabregue, R. y Poline, J. (2002). Region of interest analysis using an SPM toolbox [abstract] Presented at the 8th International Conference on Functional Mapping of the Human Brain, June 2–6, Sendai, Japan.
- Brothers, L., 1990. The neural basis of primate social communication. *Motivation and Emotion* 14 (2), 81–91.
- Brook, J. S., Zhang, C. y Brook, D. W. (2011). Developmental trajectories of marijuana use from adolescence to adulthood: Personal predictors. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, 165(1), 55-60.
- Brooks-Gunn, J. y Furstenberg, F. Jr., (1989). Adolescent sexual behavior. *American Psychologist*, 44, 249–257.
- Brooks-Gunn, J., J.A. Graber, y R.L. Paikoff (1994). Studying links between hormones and negative affect: Models and measures. *Journal of Research on Adolescence* 4: 469-486.

- Brown, B. (2004). Adolescents' relationships with peers. In R. Lerner y L. Steinberg (Eds.), *Handbook of adolescent psychology* (2nd ed., pp. 363–394). New York: Wiley.
- Brown, J.W. y Braver, T.S. (2008). A computational model of risk, conflict, and individual difference effects in the anterior cingulate cortex. *Brain Res.* 1202, 99–108.
- Brown, B.B., Clasen, D.R. y Eicher, S.A. (1986). Perceptions of peer pressure, peer conformity dispositions, and self-reported behavior among adolescents. *Developmental Psychology*, 22, 521–530.
- Buchanan, C.M., y Holmbeck, G.N. (1998). Measuring beliefs about adolescent personality and behavior. *Journal of Youth and Adolescence*, 27(5), 607-627.
- Buchanan, C.M., Maccoby, E.E. y Dornbusch, S. M. (1992). Adolescents and their families after divorce: Three residential arrangements compared. *Journal of Research on Adolescence*, 2(3), 261-291.
- Burhmester, D. (1996). Need fulfilment, interpersonal competence, and the developmental contexts of early adolescent friendship. In W. M. Bukowski, A. F. Newcomb, y W. W. Hartup (Eds.). *The company they keep: Friendship in childhood and adolescence* (pp. 158–185). Cambridge: Cambridge University Press.
- Bunge, S.A. y Wright, S.B. (2007). Neurodevelopmental changes in working memory and cognitive control. *Curr. Opin. Neurobiol.* 17, 243–250.
- Burnett, S., Bault, N., Coricelli, G. y Blakemore, S. J. (2010). Adolescents' heightened risk-seeking in a probabilistic gambling task. *Cognitive development*, 25, 183-196.
- Burnett, S., Bird, G., Moll, J., Frith, C. y Blakemore, S.J. (2009). Development during adolescence of the neural processing of social emotion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(9), 1735–50.
- Burnett, S., Sebastian, C., Kadosh, K.C. y Blakemore, S.J. (2011). The social brain in adolescence: Evidence from functional magnetic resonance imaging and behavioral studies. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 35, 1654–1664.
- Bush, G., Luu, P. y Posner, M. I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 215–222.
- Byrnes, J., Miller, D. y Schafer, W. (1999). Gender differences in risk taking: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 125, 367–383.

- Cairns, R.B., Cairns, B. D. y Neckerman, H. J. (1989). Early school dropout: configurations and determinants. *Child Development*, 60, 1437–1452.
- Call, J. y Tomasello, M. (2008). Does the chimpanzee have a theory of mind? 30 years later. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(5), 187-192.
- Cannon, W. B. (1987). The James-Lange theory of emotions: a critical examination and an alternative theory. *The American journal of psychology*, 567-586.
- Cano, A., y O’Leary, K. D. (2000). Infidelity and separations precipitate major depressive episodes and symptoms of nonspecific depression and anxiety. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 68, 774–781.
- Cardinal, R. N., Parkinson, J. A., Hall, J. y Everitt, B. J. (2002). Emotion and motivation: the role of the amygdala, ventral striatum, and prefrontal cortex. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 26(3), 321-352.
- Carter, C. S., Botvinick, M. M. y Cohen, J. D. (1999). The contribution of the anterior cingulate cortex to executive processes in cognition. *Reviews in the Neurosciences*, 10(1), 49-58.
- Carter, C. S., Braver, T. S., Barch, D. M., Botvinick, M. M., Noll, D. y Cohen, J. D. (1998). Anterior cingulate cortex, error detection, and the online monitoring of performance. *Science*, 280(5364), 747-749.
- Carter, C. S. y van Veen, V. (2007). Anterior cingulate cortex and conflict detection: An update of theory and data. *Cognitive Affective and Behavioral Neuroscience*, 7(4), 367–379.
- Carruthers, P. y Smith, P. K. (Eds.). (1996). *Theories of theories of mind* (pp. 22-38). Cambridge: Cambridge University Press.
- Casco, F. J., y Oliva, A. (2005). Valores y expectativas sobre la adolescencia: discrepancias entre padres, profesores, mayores y adolescentes. *Infancia y aprendizaje*, 28(2), 209-220.
- Casey, B. J., Jones, R. M. y Hare, T. A. (2008). The adolescent brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124(1), 111-126.
- Casey, B.J., Jones, R.M. y Somerville, L.H. (2011). Braking and accelerating of the adolescent brain. *J. Res. Adolesc.* 21, 21–33.

- Casey, B.J., Duhoux, S. y Cohen, M.M. (2010). Adolescence: what do transmission, transition, and translation have to do with it?. *Neuron*, 67(5), 749-760.
- Casey, B., Forman, S.D., Franzen, P., Berkowitz, A., Braver, T.S., Nystrom, L.E., Thomas, K.M., et al. (2001). Sensitivity of prefrontal cortex to changes in target probability: a functional MRI study. *Hum. Brain Mapp.* 13, 26–33.
- Casey, B. J., Getz, S. y Galvan, A. (2008a). The adolescent brain. *Developmental Review*, 28, 62–77. Cauffman, E., Claus, E., Shulman, E., Banich, M., Graham, S., Woolard, J., et al. Adolescent decision-making: Risk preference or punishment insensitivity? Manuscript submitted for publication.
- Casey, B., Jones, R.M., Hare, T. (2008b). The adolescent brain. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1124, 111–126.
- Castellanos-Ryan, N. y Conrod, P.J. (2011) Personality correlates of the common and unique variance across conduct disorder and substance misuse symptoms in adolescence. *J Abnorm Child Psychol*, 39(4), 563–576.
- Castellanos, F.X. y Tannock, R. (2002). Neuroscience of attention-deficit/hyperactivity disorder: the search for endophenotypes. *Nat. Rev. Neurosci.* 3 (8), 617–628.
- Castro Feijoo, L., Cabanas Rodríguez, P., Barreiro Conde, J., Pombo Arias, M. (2007). Pubertad precoz y talla final. En: Sociedad Española de Endocrinología Pediátrica. Avances en Endocrinología Pediátrica. Barcelona: JyC Ediciones Medicas SL; p. 31-49
- Cavanna, A. E. y Trimble, M. R. (2006). The precuneus: a review of its functional anatomy and behavioural correlates. *Brain*, 129, 564-583.
- Caviness, V.S., Kennedy, D.N., Bates, J.F., Makris, N., Thatcher, R.W., Reid Lyon, G., Rumsey, J., et al., (1996). The developing human brain: a morphometric profile. *Developmental Neuroimaging: Mapping the Development of Brain and Behavior*. Academic Press, New York, pp. 3–14.
- Chambers, R.A., y Potenza, M.N. (2003). Neurodevelopment, impulsivity, and adolescent gambling. *Journal of Gambling Studies*, 19, 53–84.
- Chambers, R.A., Taylor, J.R., y Potenza, M.N. (2003). Developmental neurocircuitry of motivation in adolescence: A critical period of addiction vulnerability. *American Journal of Psychiatry*, 160, 1041–1052.

- Chassin, L., Hussong, A., Barrera, M., Jr., Molina, B., Trim, R., y Ritter, J. (2004). Adolescent substance use. In R. Lerner y L. Steinberg (Eds.), *Handbook of adolescent psychology* (2nd ed., pp. 665–696). New York: Wiley.
- Chein, J., Albert, D., O'Brien, L., Uckert, K. y Steinberg, L. (2011). Peers increase adolescent risk taking by enhancing activity in the brain's reward circuitry. *Developmental Science*, 14(2), F1–F10.
- Chein, J.M. y Schneider, W. (2005). Neuroimaging studies of practice-related change: fMRI and meta-analytic evidence of a domain-general control network for learning. *Cogn. Brain Res.* 25 (3), 607–623.
- Chein, J.M. y Schneider, W. (2012). The brain's learning and control architecture. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 21 (2), 78–84.
- Cheng, T. L., Fields, C. B., Brenner, R. A., Wright, J. L., Lomax, T., y Scheidt, P. C. (2000). Sports injuries: An important cause of morbidity in urban youth. *Pediatrics*, 105, 1–6.
- Chikazoe, J., Konishi, S., Asari, T., Jimura, K. y Miyashita, Y. (2007). Activation of right inferior frontal gyrus during response inhibition across response modalities. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(1), 69–80.
- Cicchetti, D. y Dawson, G. (2002). Editorial: Multiple levels of analysis. *Development and Psychopathology*, 14, 417–420.
- Clark, L., Bechara, A., Damasio, H., Aitken, M. R. F., Sahakian, B. J. y Robbins, T. W. (2008). Differential effects of insular and ventromedial prefrontal cortex lesions on risky decision-making. *Brain*, 131, 1311-1322.
- Clark, L., Cools, R. y Robbins, T. W. (2004). The neuropsychology of ventral prefrontal cortex: decision-making and reversal learning. *Brain and cognition*, 55(1), 41-53.
- Clark, L., Manes, F., Antoun, N., Sahakian, B. J. y Robbins, T. W. (2003). The contributions of lesion laterality and lesion volume to decision-making impairment following frontal lobe damage. *Neuropsychologia*, 41(11), 1474-1483.
- Coleman, J. C. (1980). Friendship and the peer group in adolescence. *Handbook of adolescent psychology*, 408-431.

- Collado, A., Felton, J. W., Macpherson, L., y Lejuez, C. W. (2014). Longitudinal trajectories of sensation seeking, risk taking propensity, and impulsivity across early to middle adolescence. *Addictive behaviors*, 39(11), 1580-1588.
- Collins, W.A. (1997). Relationships and development during adolescence Interpersonal adaptation to individual change. *Personal Relationships*, 4, 1-14.
- Cools, R., 2008. Role of dopamine in the motivational and cognitive control of behavior. *Neuroscientist* 14 (4), 381–395.
- Correa, N., Rodríguez, J., Batista, L., Padrón, I., y Ceballos, E. (2009). Discurso argumentativo en episodios de conflictos entre padres e hijos adolescentes. *Infancia y aprendizaje*, 32(3), 467-484.
- Costello, J. E., Pine, D. S., Hammen, C., March, J. S., Plotsky, P. M., Weissman, M. M., et al. (2002). Development and natural history of mood disorders. *Biological Psychiatry*, 52, 529–542.
- Coughlan, R. y Connolly, T. (2001). Predicting affective responses to unexpected outcomes. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 85(2), 211-225.
- Christakou, A., Brammer, M. y Rubia, K. (2011). Maturation of limbic corticostriatal activation and connectivity associated with developmental changes in temporal discounting. *Neuroimage*, 54(2), 1344–1354.
- Critchley, H. D., Mathias, C. J. y Dolan, R. J. (2001). Neural activity in the human brain relating to uncertainty and arousal during anticipation. *Neuron*, 29(2), 537-545.
- Crockett, L. J., Raffaelli, M., y Shen, Y. L. (2006). Linking Self-Regulation and Risk Proneness to Risky Sexual Behavior: Pathways through Peer Pressure and Early Substance Use. *Journal of Research on Adolescence*, 16(4), 503-525.
- Crone, E.A. (2009) Executive functions in adolescence: inferences from brain and behavior. *Dev. Sci.* 12, 825–830.
- Crone, E.A., Bullens, L., Van der Plas, E. A.A., Kijlkuit, E.J. y Zelazo, P.D. (2008). Developmental changes and individual differences in risk and perspective taking in adolescence. *Development and psychopathology*, 20(04), 1213-1229.
- Crone, E.A, y Dahl, R.E. (2012). Understanding adolescence as a period of social–affective engagement and goal flexibility. *Nature Reviews Neuroscience*, 13(9), 636-650.

- Crone, E., Donohue, S., Honomichl, R., Wendelken, C. y Bunge, S. (2006). Brain regions mediating flexible rule use during development. *Journal of Neuroscience*, 26, 11239–11247.
- Crone, E.A. y Ridderinkhof, R.K. (2011). The developing brain: from theory to neuroimaging and back. *Dev. Cogn. Neurosci.* 1, 101–109.
- Crone, E. A., Zanolie, K., Van Leijenhorst, L., Westenberg, P. M. y Rombouts, S. A. (2008). Neural mechanisms supporting flexible performance adjustment during development. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 8(2), 165-177.
- Cross, C. P., Copping, L. T. y Campbell, A. (2011). Sex differences in impulsivity: a meta-analysis. *Psychological bulletin*, 137(1), 97.
- Cross, C. P., Cyrenne, D. L. M. y Brown, G. R. (2013). Sex differences in sensation-seeking: a meta-analysis. *Scientific reports*, 3.
- Cummings, J. L. (1995). Anatomic and Behavioral Aspects of Frontal-Subcortical Circuits. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 769(1), 1-14.
- Dahl, R. (2004). Adolescent brain development: A period of vulnerabilities and opportunities. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1021, 1–22.
- Damasio, A. R., Everitt, B. J. y Bishop, D. (1996). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex [and discussion]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 351(1346), 1413-1420.
- Davis, M.H. (1980). A multidimensional approach to individual differences in empathy. *JSAS Catalog of Selected Documents in Psychology*, 10, 85.
- Davis, M. (2006). Neural systems involved in fear and anxiety measured with fearpotentiated Startle. *American Psychologist*, 61(8), 741–756.
- Decety, J. y Lamm, C. (2007). The role of the right temporoparietal junction in social interaction: How low-level computational processes contribute to meta-cognition. *Neuroscientist*, 13(6), 580-593.
- Dehaene, S., Spelke, E., Pinel, P., Stanescu, R. y Tsivkin, S. (1999). Sources of mathematical thinking: Behavioral and brain-imaging evidence. *Science*, 284(5416), 970-974.

- Derringer, J., Krueger, R. F., Dick, D. M., Saccone, S., Grucza, R. A., Agrawal, A. y Bierut, L. J. (2010). Predicting sensation seeking from dopamine genes a candidate-system approach. *Psychological Science*, 21(9), 1282-1290.
- D'Esposito, M., Zarahn, E. y Aguirre, G. K. (1999). Event-related functional MRI: Implications for cognitive psychology. *Psychological Bulletin*, 125(1), 155-164.
- Dias, R., Robbins, T. W. y Roberts, A. C. (1997). Dissociable forms of inhibitory control within prefrontal cortex with an analog of the Wisconsin Card Sort Test: restriction to novel situations and independence from “on-line” processing. *The Journal of Neuroscience*, 17(23), 9285-9297.
- DiBlasio, F., y Benda, B. (1992). Gender differences in theories of adolescent sexual activity. *Sex Roles*, 27, 221–240.
- Di Chiara, G. y Bassareo, V. (2007). Reward system and addiction: What dopamine does and doesn't do. *Current Opinion in Pharmacology*, 7(1), 69–76.
- Di Chiara, G., Bassareo, V., Fenu, S., De Luca, M. A., Spina, L., Cadoni, C. y Lecca, D. (2004). Dopamine and drug addiction: the nucleus accumbens shell connection. *Neuropharmacology*, 47, 227-241.
- DiIorio, C., Dudley, W., Kelly, M., Soet, J., Mbwara, J. y Sharpe Potter, J. (2001). Social cognitive correlates of sexual experience and condom use among 13- through 15-year-old adolescents. *Journal of Adolescent Health*, 29, 208–216.
- Dishion, T. J., Spracklen, K. M., Andrews, D. W., y Patterson, G. R. (1996). Deviancy training in male adolescents friendships. *Behavior Therapy*, 27, 373–390.
- Domene, J. F., Landine, J. y Stewart, J. (2015). Emerging adult career transitions. En *Handbook of career intervention*, Volumen 2, pp 479-494.
- Doremus-Fitzwater, T.L., Varlinskaya, E.I., Spear, L.P., 2010. Motivational systems in adolescence: possible implications for age differences in substance abuse and other risk-taking behaviors. *Brain Cogn.* 72 (1), 114–123.
- Dumas, T. M., Ellis, W. E., y Wolfe, D. A. (2012). Identity development as a buffer of adolescent risk behaviors in the context of peer group pressure and control. *Journal of adolescence*, 35(4), 917-927.

- Durston, S., Davidson, M. C., Tottenham, N., Galvan, A., Spicer, J., Fossella, J. A. y Casey, B. J. (2006). A shift from diffuse to focal cortical activity with development. *Developmental science*, 9(1), 1-8.
- Durston, S., Thomas, K., Yang, Y., Ulug, A., Zimmerman, R., y Casey, B. J. (2002). A neural basis for development of inhibitory control. *Developmental Science*, 5, 9–16.
- East, P., Felice, M., y Morgan, M. (1993). Sisters' and girlfriends' sexual and childbearing behavior: Effects on early adolescent girls' sexual outcomes. *Journal of Marriage and the Family*, 55, 953–963.
- Eaton, L. K., Kann, L., Kinchen, S., Shanklin, S., Ross, J., Hawkins, J., et al. (2008). Youth risk behavior surveillance – United States, 2007, surveillance summaries. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 57, 1–131.
- Eaton, D. K., Kann, L., Kinchen, S., Shanklin, S., Flint, K. H., Hawkins, J. y Wechsler, H. (2012). Youth risk behavior surveillance-United States, 2011. *Morbidity and mortality weekly report. Surveillance summaries (Washington, DC: 2002)*, 61(4), 1-162.
- Elliott, R., Dolan, R.J. y Frith, C.D. (2000). Dissociable functions in the medial and lateral orbitofrontal cortex: evidence from human neuroimaging studies. *Cereb. Cortex* 10, 308– 317.
- Elliott, R., Rees, G. y Dolan, R. J. (1999). Ventromedial prefrontal cortex mediates guessing. *Neuropsychologia*, 37(4), 403-411.
- Emery, N. J. y Clayton, N. S. (2005). Evolution of the avian brain and intelligence. *Current Biology*, 15(23), 946-950.
- Ernst, M. (2014). The triadic model perspective for the study of adolescent motivated behavior. *Brain and Cognition*, 89, 104–111.
- Ernst, M., Bolla, K., Mouratidis, M., Contoreggi, C., Matochik, J.A., Kurian, V., Cadet, J.L., Kimes, A.S., London, E.D. (2002). Decision making in a risk-taking task: a PET study. *Neuropsychopharmacology* 26, 682–691.
- Ernst, M., y Hardin, M. (2009). Neurodevelopment underlying adolescent behavior. In P. D. Zelazo, M. Chandler, y E. Crone (Eds.), *Developmental Social Cognitive Neuroscience*. New York: Psychology Press.

- Ernst, M., Nelson, E., Jazbec, S., McClure, E., Monk, C., Blair, R., et al. (2005). Amygdala and nucleus accumbens activation in response to receipt and omission of gains in adults and adolescents. *Neuroimage*, 25, 1279–1291.
- Ernst, M., Nelson, E., McClure, E., Monk, C., Munson, S., Eshel, N., et al. (2004). Choice selection and reward anticipation: An fMRI study. *Neuropsychologia*, 42, 1585–1597.
- Ernst, M., Romeo, R. D. y Andersen, S. L. (2009). Neurobiology of the development of motivated behaviors in adolescence: a window into a neural systems model. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 93(3), 199-211.
- Ernst, M. y Paulus, M.P. (2005). Neurobiology of decision making: a selective review from a neurocognitive and clinical perspective. *Biol. Psychiatry* 58, 597–604.
- Ernst, M. y Spear, L. (2009). Reward systems. In M. de Haan y M. Gunnar (Eds.), *Handbook of Developmental Social Neuroscience* (pp. 324–341). New York: Guilford Press.
- Eshel, N., Nelson, E.E., Blair, R.J., Pine, D.S. y Ernst, M. (2007). Neural substrates of choice selection in adults and adolescents: Development of the ventrolateral prefrontal and anterior cingulated cortices. *Neuropsychologia*, 45, 1270-1279.
- Fareri, D. S., Martin, L. N. y Delgado, M. R. (2008). Reward-related processing in the human brain: developmental considerations. *Development and psychopathology*, 20(04), 1191-1211.
- Ferstl, E.C. y von Cramon, D.Y. (2007). Time, space and emotion: fMRI reveals content-specific activation during text comprehension. *Neurosci. Lett.* 427 (3), 159–164.
- Ferstl, E. C., Neumann, J., Bogler, C. y von Cramon, D. Y. (2008). The extended language network: A meta-analysis of neuroimaging studies on text comprehension. *Human Brain Mapping* 29, 581–593.
- Fishbein, M. (1967). Attitude and the prediction of behavior. In M. Fishbein (Ed.), *Reading in attitude theory and measurement*. New York: Wiley.
- Fishbein, M. (1980). A theory of reasoned action: some applications and implications. In M. M. Page (Ed.), *Belief, attitudes and values*. Lincoln, MA: University of Nebraska Press.

- Fishbein, M. y Ajzen, I. (1972). Attitudes and intentions. *Annual Review of Psychology*, 32, 487-544.
- Fishbein, M., y Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Fishbein, M. y Ajzen, I. (2009). *Predicting and Changing Behavior. The Reasoned Action Approach*. New York: Psychology Press.
- Fishbein, M. y Ajzen, I. (2010). *Predicting and changing behavior: The reasoned action approach*. New York: Psychology Press.
- Fishbein, D.H., Eldreth, D.L., Hyde, C., Matochik, J.A., London, E.D., Contoreggi, C., Kurian, V., Kimes, A.S., Breeden, A. y Grant, S. (2005). Risky decision making and the anterior cingulate cortex in abstinent drug abusers and nonusers. *Cognit. Brain Res.* 23, 119 –136.
- Forbes, E. E. y Dahl, R. E. (2010). Pubertal development and behavior: hormonal activation of social and motivational tendencies. *Brain and cognition*, 72(1), 66-72.
- Foster, V., Clark, P. C., Holstad, M. M., y Burgess, E. (2012). Factors associated with risky sexual behaviors in older adults. *Journal of the Association of Nurses in AIDS Care*, 23(6), 487–499. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jana.2011.12.008>.
- Friese, M., Hofmann, W. y Wanke, M. (2008). When impulses take over: Moderated predictive validity of explicit and implicit attitude measures in predicting food choice and consumption behavior. *British Journal of Social Psychology*, 47, 397–419.
- Friston, K. J., Williams, S., Howard, R., Frackowiak, R. S. J. y Turner, R. (1996). Movement-related effects in fMRI time-series. *Magnetic Resonance in Medicine*, 35(3), 346-355.
- Frith, C.D. (2007). The social brain? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1480), 671–8.
- Frith, U. y Frith, C.D. (2003). Development and neurophysiology of mentalizing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 358 (1431), 459.
- Frith, C.D. y Frith, U. (2008). Implicit and explicit processes in social cognition. *Neuron* 60 (3), 503–510.

- Frith, U. y Frith, C. (2010). The social brain: allowing humans to boldly go where no other species has been. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 365 (1537), 165.
- Gabriel, M., Burhans, L. y Kashef, A. (2003). Consideration of a unified model of amygdalar associative functions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 985(1), 206-217.
- Gallese, V. y Goldman, A. (1998). Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. *Trends in Cognitive Sciences*, 2(12), 493-501.
- Galvan, A. (2010) Adolescent development of the reward system. *Front. Hum. Neurosci*, 4, 6.
- Galvan, A., Hare, T.A., Parra, C.E., Penn, J., Voss, H., Glover, G, y Casey, B.J. (2006). Earlier development of the accumbens relative to orbitofrontal cortex might underlie risk-taking behavior in adolescents. *Journal of Neuroscience*, 26, 6885–6892.
- Galvan, A., Hare, T., Voss, H., Glover, G. y Casey, B. J. (2007). Risk-taking and the adolescent brain: Who is at risk? *Developmental Science*, 10, F8–F14.
- García del Castillo, J.A. (2012). Concept of risk perception and its impact in addictions. *Health and Addictions*, 12 (2), 133-151.
- Gardner, M. y Steinberg, L. (2005). Peer influence on risk taking, risk preference, and risky decision making in adolescence and adulthood: An experimental study. *Developmental Psychology*, 41, 625–635.
- Garrido, M., y Fernández-Santos, I. (1995). Adolescencia y familia. *Espina, Pumar y Garrido (Eds). Promolibro. Valencia*, 157-224.
- Geier, C. F., Terwilliger, R., Teslovich, T., Velanova, K. y Luna, B. (2010). Immaturities in reward processing and its influence on inhibitory control in adolescence. *Cerebral Cortex*, 225.
- Geier, C.F. y Luna, B. (2009). The maturation of incentive processing and cognitive control. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 93, 212–221.
- Gehring, W. J. y Knight, R. T. (2000). Prefrontal–cingulate interactions in action monitoring. *Nature neuroscience*, 3(5), 516-520.

- Gibbons, F.X., Gerrard, M., Blanton, H., y Russell, D.W. (1998). Reasoned action and social reaction: Willingness and intention as independent predictors of health risk. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74, 1164–1181.
- Gibbons, F.X., Gerrard, M., y Lane, D.J. (2003). A social reaction model of adolescent health risk. In J. Suls, y K.A. Wallston (Eds.), *Social psychological foundations of health and illness*. Blackwell series in health psychology and behavioral medicine (pp. 107–136). Malden, MA: Blackwell.
- Gibbons, F.X., Gerrard, M., Vande Lune, L.S., Wills, T.A., Brody, G., y Conger, R.D. (2004). Context and cognitions: Environmental risk, social influence, and adolescent substance use. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 30, 1048–1061.
- Giedd, J. N. (2004). Structural magnetic resonance imaging of the adolescent brain. *Ann. NY Acad. Sci.* 1021, 77–85.
- Giedd, J.N., Blumenthal, J., Jeffries, N.O., Castellanos, F.X., Liu, H., Zijdenbos, A., Paus, T. Evans, A.C. y Rapoport, J.L. (1999). Brain development during childhood and adolescence: A longitudinal MRI study. *Nature Neuroscience*, 2, 861–863.
- Giedd, J.N. y Rapoport, J.L. (2010). Structural MRI of pediatric brain development: what have we learned and where are we going? *Neuron* 67, 728–734.
- Giedd, J.N., Snell, J.W., Lange, N., Rajapakse, J.C., Casey, B.J., Kozuch, P.L., Vaituzis, A.C., et al., (1996). Quantitative magnetic resonance imaging of human brain development: ages 4–18. *Cereb. Cortex*, 6 (4), 551–560.
- Gilbert, S., Spengler, S., Simons, J., Steele, J., Lawrie, S., Frith, C. y Burgess, P. (2006). Functional specialization within rostral prefrontal cortex (area 10): a meta-analysis. *Cognitive Neuroscience, Journal of*, 18(6), 932–948.
- Giorgio, A., Watkins, K. E., Douaud, G., James, A. C., James, S., De Stefano, N. y Johansen-Berg, H. (2008). Changes in white matter microstructure during adolescence. *Neuroimage*, 39(1), 52–61.
- Gladwin, T. E., Figner, B., Crone, E. A. y Wiers, R. W. (2011). Addiction, adolescence, and the integration of control and motivation. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 1(4), 364–376.
- Glimcher, P. W. (2002). Decisions, decisions, decisions: Choosing a biological science of choice. *Neuron*, 36(2), 323–332.

- Goel, V., Gold, B., Kapur, S. y Houle, S. (1998). Neuroanatomical correlates of human reasoning. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10(3), 293-302.
- Goel, V., Grafman, J., Sadato, N. y Hallett, M. (1995). Modeling other minds. *Neuroreport*, 6(13), 1741-1746.
- Goeree, R., Farahati, F., Burke, N., Blackhouse, G., O'Reilly, D., Pyne, J., et al. (2005). The economic burden of schizophrenia in Canada in 2004. *Current Medical Research and Opinion*, 21, 2017–2028.
- Gogtay, N., Giedd, J.N., Lusk, L., Hayashi, K.M., Greenstein, D., Vaituzis, C., Nugent, T.F., Herman, D.H., Classen, L., Toga, A.W., Rapoport, J.L. y Thompson, P.M. (2004). *Dynamic Mapping of Human Cortical Development during Childhood Through Early Adulthood. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 101, 8174-8179.
- Gold, J. I. y Shadlen, M. N. (2001). Neural computations that underlie decisions about sensory stimuli. *Trends in cognitive sciences*, 5(1), 10-16.
- Gold, P. E. (2003). Acetylcholine modulation of neural systems involved in learning and memory. *Neurobiology of learning and memory*, 80(3), 194-210.
- Goldberg, E. (2001). *The executive brain: Frontal lobes and the civilized mind*. Nueva York: Oxford University Press
- Graber, J.A. y Brooks-Gunn, J. (1996). Transitions and turning points: Navigating the passage from childhood through adolescence. *Developmental Psychology*, 32, 768-776.
- Graber, J. A., y Brooks-Gunn, J. (1996). Transitions and turning points: Navigating the passage from childhood through adolescence. *Developmental Psychology*, 32, 768—776.
- Grant, D.A. y Berg, E. (1948). A behavioral analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in Weigl-type card-sorting problem. *Journal of Experimental Psychology* 38, 404–411.
- Gray, J.A. (1991). Fear, panic, and anxiety: what's in a name? *Psychol. Inquiry* 2, 77–78.
- Greene, K., Krcmar, M., Walters, L. H., Rubin, D. L. y Hale, L. (2000). Targeting adolescent risk-taking behaviors: the contributions of egocentrism and sensation-seeking. *Journal of adolescence*, 23(4), 439-461.

- Gunther Moor, B., Güroğlu, B., Op de Macks, Z.A., Rombouts, S.A., Van der Molen, M.W. y Crone, E.A. (2012). Social exclusion and punishment of excluders: neural correlates and developmental trajectories. *Neuroimage* 59, 708–717.
- Güth, W., Schmittberger, R. y Schwarze, B. (1982). An experimental analysis of ultimatum bargaining. *J. Econ. Behav. Organ.* 3, 376–388.
- Guyer, A., Monk, C., McClure-Tone, E., Nelson, E., Roberson-Nay, R., Adler, A. y Ernst, M. (2008). A developmental examination of amygdala response to facial expressions. *Cognitive Neuroscience, Journal of*, 20(9), 1565-1582.
- Habib, M., Cassotti, M., Borst, G., Simon, G., Pineau, A., Houdé, O. y Moutier, S. (2012). Counterfactually mediated emotions: A developmental study of regret and relief in a probabilistic gambling task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 112, 265-274.
- Hall, G. S. (1904). Adolescence. New York: Appleton.
- Hampson, S. E., Andrews, J. A. y Barckley, M. (2008). Childhood predictors of adolescent marijuana use: early sensation-seeking, deviant peer affiliation, and social images. *Addictive behaviors*, 33(9), 1140-1147.
- Harbaugh, W. T., Krause, K. y Vesterlund, L. (2002). Risk attitudes of children and adults: Choices over small and large probability gains and losses. *Experimental Economics*, 5(1), 53-84.
- Harden, K.P., Quinn, P.D. y Tucker-Drob, E.M. (2012). Genetically influenced change in sensation seeking drives the rise of delinquent behavior during adolescence. *Dev Sci* 15(1), 150–163.
- Harden, K. P., y Tucker-Drob, E. M. (2011). Individual differences in the development of sensation seeking and impulsivity during adolescence: Further evidence for a dual systems model. *Developmental Psychology*, 47(3), 739.
- Hardin, M. G., Pine, D. S. y Ernst, M. (2009). The influence of context valence in the neural coding of monetary outcomes. *Neuroimage*, 48(1), 249–257.
- Hare, T. A., Tottenham, N., Galvan, A., Voss, H. U., Glover, G. H. y Casey, B. J. (2008). Biological substrates of emotional reactivity and regulation in adolescence during an emotional go-nogo task. *Biological psychiatry*, 63(10), 927-934.

- Harris, P. (1996). Sufficient grounds for optimism? The relationship between perceived controllability and optimistic bias. *Journal of Social and Clinical Psychology*, 15, 9–52.
- Harris, P. y Middleton, W. (1994). The illusion of control and optimism about health: on being less at risk but no more in control than others. *British Journal of Social Psychology*, 33, 369–386.
- Heims, H. C., Critchley, H. D., Dolan, R., Mathias, C. J. y Cipolotti, L. (2004). Social and motivational functioning is not critically dependent on feedback of autonomic responses: neuropsychological evidence from patients with pure autonomic failure. *Neuropsychologia*, 42(14), 1979-1988.
- Henry, D. B., Schoeny, M. E., Deptula, D. P., y Slavick, J. T. (2007). Peer selection and socialization effects on adolescent intercourse without a condom and attitudes about the cost of sex. *Child Development*, 78, 825–838.
- Herting, M. M., Gautam, P., Spielberg, J. M., Kan, E., Dahl, R. E., y Sowell, E. R. (2014). The role of testosterone and estradiol in brain volume changes across adolescence: A longitudinal structural MRI study. *Human brain mapping*, 35(11), 5633-5645.
- Hochbaum, G. M. (1958). Public participation in medical screening programs: A sociopsychological study. Washington, D.C: U.S. Government Printing Office.
- Hofmann, W., Friese, M., y Strack, F. (2009). Impulse and self-control from a dual systems perspective. *Perspectives on Psychological Science*, 4, 162–176.
- Hogg, M. A. (2005). All animals are equal, but some animals are more equal than others: social identity and marginal membership. In K. D. Williams, J. P.
- Hollander, E. y Rosen, J. (2000). Impulsivity. *Journal of Psychopharmacology*.
- Holmbeck, G. N., Paikoff, R. L., y Brooks-Gunn, J. (1995). Parenting adolescents.
- Holroyd, C. B. y Coles, M. G. (2002). The neural basis of human error processing: reinforcement learning, dopamine, and the error-related negativity. *Psychological review*, 109(4), 679.
- Hooshmand, S., Willoughby, T., y Good, M. (2012). Does the direction of effects in the association between depressive symptoms and health-risk behaviors differ by behavior? A longitudinal study across the high school years. *Journal of Adolescent Health*, 50, 140–147.

- Hornak, J., Bramham, J., Rolls, E. T., Morris, R. G., O'Doherty, J., Bullock, P. R. y Polkey, C. E. (2003). Changes in emotion after circumscribed surgical lesions of the orbitofrontal and cingulate cortices. *Brain*, 126(7), 1691-1712.
- Hoyle, R.H., Fejfar, M.C., Miller, J.D. (2000). Personality and sexual risk taking: a quantitative review. *J Pers* 68(6), 1203–1231.
- Hsu, M., Bhatt, M., Adolphs, R., Tranel, D. y Camerer, C.F. (2005). Neural systems responding to degrees of uncertainty in human decision-making. *Science* 310, 1680–1683.
- Huber, O., Wider, R. y Huber, O. W. (1997). Active information search and complete information presentation in naturalistic risky decision tasks. *Acta Psychologica*, 95(1), 15-29.
- Huettel, S. A., Song, A. W. y McCarthy, G. (2004). *Functional Magnetic Resonance Imaging*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Publishers.
- Huttenlocher, P.R. (1979). Synaptic density in human frontal cortex developmental changes and effects of aging. *Brain Research*, 163, 195-205.
- Inhelder, B., y Piaget, J. (Ed.). (1955). *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*. París: Presses Universitaires de France.
- Jackson, P.L., Brunet, E., Meltzoff, A.N. y Decety, J. (2006). Empathy examined through the neural mechanisms involved in imagining how I feel versus how you feel pain. *Neuropsychologia*, 44, 752–761.
- Jensen, J., McIntosh, A. R., Crawley, A. P., Mikulis, D. J., Remington, G. y Kapur, S. (2003). Direct activation of the ventral striatum in anticipation of aversive stimuli. *Neuron*, 40(6), 1251–1257.
- Jessor, R., Costa, F. M., Krueger, P. M., y Turbin, M. S. (2006). A developmental study of heavy episodic drinking among college students: The role of psychosocial and behavioral protective and risk factors. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*, 67(1), 86.
- Jezzard, P. (2001). *Functional MRI: An Introduction to Methods*. New York: Oxford University Press.

- Johnson, M. H., Grossmann, T. y Kadosh, K. C. (2009). Mapping functional brain development: Building a social brain through interactive specialization. *Developmental psychology*, 45(1), 151.
- Kahneman, D. (1991). Judgment and decision making: A personal view. *Psychol Sci*, 2, 142–145.
- Kahneman, D. (2011). Thinking, fast and slow. NY: Farrar, Straus, and Giroux.
- Kessler, R. C., Berglund, P., Demler, O., Jin, R., Merikangas, K. R., y Walters, E. E. (2005). Lifetime prevalence and age-of-onset distributions of DSM-IV disorders in the national comorbidity survey replication. *Archives of General Psychiatry*, 62, 593–602.
- Kahneman, D. y Snell, J. (1990). Predicting utility. In: Hogarth RM, editor. Insights in decision making: A tribute to Hillel J. Einhorn. Chicago: University of Chicago Press, pp 295–310.
- Kaynak, Ö., Meyers, K., Caldeira, K. M., Vincent, K. B., Winters, K. C. y Arria, A. M. (2013). Relationships among parental monitoring and sensation seeking on the development of substance use disorder among college students. *Addictive behaviors*, 38(1), 1457-1463.
- Kessler, R. C., Berglund, P., Demler, O., Jin, R., Merikangas, K. R. y Walters, E. E. (2005). Lifetime prevalence and age-of-onset distributions of DSM-IV disorders in the National Comorbidity Survey Replication. *Archives of general psychiatry*, 62(6), 593-602.
- Kiesner, J., Cadinu, M., Poulin, F., y Bucci, M. (2002). Group identification in early adolescence: its relation with peer adjustment and its moderator effect on peer influence. *Child Development*, 73, 196–208.
- Knoch, D., Gianotti, L., Pascual-Leone, A., Treyer, V., Regard, M., Hohmann, M., et al. (2006). Disruption of right prefrontal cortex by low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation induces risk-taking behavior. *Journal of Neuroscience*, 26, 6469–6472.
- Knutson, B. y Cooper, J.C. (2005). Functional magnetic resonance imaging of reward prediction. *Curr. Opin. Neurol.* 18 (4), 411–417.

- Knutson, B., Fong, G. W., Adams, C. M., Varner, J. L. y Hommer, D. (2001). Dissociation of reward anticipation and outcome with event-related fMRI. *Neuroreport*, 12(17), 3683-3687.
- Knutson, B., Fong, G. W., Bennett, S. M., Adams, C. M. y Hommer, D. (2003). A region of mesial prefrontal cortex tracks monetarily rewarding outcomes: characterization with rapid event-related fMRI. *Neuroimage*, 18(2), 263-272.
- Kong, G. et al (2013). Pubertal status, sensation-seeking, impulsivity, and substance use in high school-aged boys and girls. *J Addict Med*, 7(2), 116–121.
- Knoch, D., Gianotti, L.R., Pascual-Leone, A., Treyer, V., Regard, M. y Hohmann, M., Brugger, P. (2006). Disruption of right prefrontal cortex by low frequency repetitive transcranial magnetic stimulation induces risk taking behavior. *J. Neurosci.* 26, 6469–6472.
- Koolschijn, P. C. M., Schel, M. A., de Rooij, M., Rombouts, S. A. y Crone, E. A. (2011). A three-year longitudinal functional magnetic resonance imaging study of performance monitoring and test-retest reliability from childhood to early adulthood. *The Journal of Neuroscience*, 31(11), 4204-4212.
- Krain, A.L. y Castellanos, F.X. (2006). Brain development and ADHD. *Clin. Psychol. Rev.* 26 (4), 433–444.
- Krain, A.L., Wilson, A.M., Arbuckle, R., Castellanos, F.X. y Milham, M.P. (2006). Distinct neural mechanisms of risk and ambiguity: a metaanalysis of decision making. *Neuroimage*, 32, 477–84.
- Krämer, U. M., Mohammadi, B., Doñamayor, N., Samii, A. y Münte, T. F. (2010). Emotional and cognitive aspects of empathy and their relation to social cognition—an fMRI-study. *Brain research*, 1311, 110-120.
- Kringelbach, M. L. (2005). The human orbitofrontal cortex: Linking reward to hedonic experience. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(9), 691–702.
- Kringelbach, M.L. y Rolls, E.T. (2004). The functional neuroanatomy of the human orbitofrontal cortex: evidence from neuroimaging and neuropsychology. *Prog. Neurobiol.* 72, 341 – 372.
- Kuppens, P., Allen, N. B. y Sheeber, L. B. (2010). Emotional inertia and psychological maladjustment. *Psychological Science*.

- Lambe, E.K., Krimer, L.S., Goldman-Rakic, P.S. (2000). Differential postnatal development of catecholamine and serotonin inputs to identified neurons in prefrontal cortex of rhesus monkey. *J. Neurosci.* 20 (23), 8780–8787.
- Lamm, C., Batson, C.D. y Decety, J. (2007). The neural substrate of human empathy: effects of perspective-taking and cognitive appraisal. *J. Cogn. Neurosci.* 19, 42–58.
- Lang, U. E., Bajbouj, M., Sander, T. y Gallinat, J. (2007). Gender-dependent association of the functional catechol-O-methyltransferase Val158Met genotype with sensation seeking personality trait. *Neuropsychopharmacology*, 32(9), 1950-1955.
- Larson, R. W., Moneta, G., Richards, M. H. y Wilson, S. (2002). Continuity, stability, and change in daily emotional experience across adolescence. *Child Development*, 73(4), 1151–1165.
- Larson, R. y Richards, M.H. (1994). *Divergent realities.: The emotional lives of fathers, mothers, and adolescents*. Nueva York: Basic Books.
- Larson, R.W., Richards, M.H., Moneta, G., Holmbeck, G., y Duckett, E. (1996). Changes in adolescents' daily interactions with their families from ages 10 to 18: Disengagement and transformation. *Developmental Psychology*, 32, 744-754
- Laursen, B., Coy, K. C., y Collins, W. A. (1998). Reconsidering Changes in Parent-Child Conflict across Adolescence: A Meta-Analysis. *Child Development*, 69(3), 817-832.
- Laviola, G., Macrì, S., Morley-Fletcher, S., y Adriani, W. (2003). Risk-taking behavior in adolescent mice: psychobiological determinants and early epigenetic influence. *Neuroscience y Biobehavioral Reviews*, 27(1), 19-31.
- Lebel, C. (2008). Microstructural maturation of the human brain from childhood to adulthood. *Neuroimage* 40, 1044–1055.
- LeDoux, J. E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, 23, 155–184.
- Lee, P.A., Houk, C.P. (2007). Puberty and its disorders. In: Lifshitz F (ed.). *Pediatric Endocrinology*. New York: Informa Healthcare USA, p. 273-303.
- Lejuez, C., Aklin, W., Bornovalova, M. y Moolchan, E. (2005). Differences in risk-taking propensity across inner-city adolescent ever- and never-smokers. *Nicotine & Tobacco Research*, 7(1), 71-79.
- Lejuez, C.W., Aklin, W., Daughters, S., Zvolensky, M., Kahler, C. y Gwadz, M. (2007).

- Reliability and validity of the youth version of the Balloon Analogue Risk Task (BART-Y) in the assessment of risk-taking behavior among inner-city adolescents. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 36, 106-11.
- Lejuez, C.W., Read, J.P., Kahler, C.W., Richards, J.B., Ramsey, S.E., Stuart, G.L. y Brown, R.A. (2002). Evaluation of a behavioral measure of risk taking: the Balloon Analogue Risk Task (BART). *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 8(2), 75.
- Lenroot, R. K. y Giedd, J. N. (2006). Brain development in children and adolescents: insights from anatomical magnetic resonance imaging. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 30, 718–729.
- Lenroot, R. K., Gogtay, N., Greenstein, D. K., Wells, E. M., Wallace, G. L., Clasen, L. S. y Giedd, J. N. (2007). Sexual dimorphism of brain developmental trajectories during childhood and adolescence. *Neuroimage*, 36(4), 1065-1073.
- Leslie, A. M. (1987). Pretense and representation: the origins of theory of mind. *Psychological Review*, 94(4), 412-426.
- Levy, I., Snell, J., Nelson, A.J., Rustichini, A. y Glimcher, P.W. (2010). Neural representation of subjective value under risk and ambiguity. *J. Neurophysiol.*, 103, 1036–1047.
- Levita, L., Hare, T. A., Voss, H. U., Glover, G., Ballon, D. J. y Casey, B. J. (2009). The bivalent side of the nucleus accumbens. *Neuroimage*, 44(3), 1178-1187.
- Lhermitte, F., Pillon, B. y Serdaru, M. (1986). Human autonomy and the frontal lobes. Part I: Imitation and utilization behavior: a neuropsychological study of 75 patients. *Annals of neurology*, 19(4), 326-334.
- Li, K., Xu, E. (2008). The role and the mechanism of gamma-aminobutyric acid during central nervous system development. *Neurosci Bull*, 24(3), 195–200.
- Liddle, P. F., Kiehl, K. A. y Smith, A. M. (2001). Event-related fMRI study of response inhibition. *Human Brain Mapping*, 12(2), 100–109.
- Lieberman, M. D. y Cunningham, W. A. (2009). Type I and Type II error concerns in fMRI research: re-balancing the scale. *Social cognitive and affective neuroscience*, nsp052.
- Loewenstein, G.F., Weber, E.U., Hsee, C.K. y Welch, E.S. (2001). Risk as feelings. *Psychological Bulletin*, 127, 267–286.

- Loman, M. M., Johnson, A. E., Quevedo, K., Lafavor, T. L., y Gunnar, M. R. (2014). Risk-taking and sensation-seeking propensity in postinstitutionalized early adolescents. *Journal of child psychology and psychiatry*, 55(10), 1145-1152.
- Luna, B., Padmanabhan, A. y O'Hearn, K. (2010). What has fMRI told us about the development of cognitive control through adolescence?. *Brain and cognition*, 72(1), 101-113.
- Luna, B., Thulborn, K.R., Munoz, D.P., Merriam, E.P., Garver, K.E., Minshew, N.J., et al. (2001). Maturation of widely distributed brain function subserves cognitive development. *NeuroImage*, 13, 786-793
- Lynne-Landsman, S. D., Graber, J. A., Nichols, T. R., y Botvin, G. J. (2011). Is sensation seeking a stable trait or does it change over time?. *Journal of youth and adolescence*, 40(1), 48-58.
- MacPherson, L., Magidson, J. F., Reynolds, E. K., Kahler, C. W. y Lejuez, C. W. (2010). Changes in sensation seeking and risk-taking propensity predict increases in alcohol use among early adolescents. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 34(8), 1400-1408.
- McRae, K., Gross, J. J., Weber, J., Robertson, E. R., Sokol-Hessner, P., Ray, R. D. y Ochsner, K. N. (2012). The development of emotion regulation: an fMRI study of cognitive reappraisal in children, adolescents and young adults. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 7(1), 11-22.
- Maia, T. V. y McClelland, J. L. (2004). A reexamination of the evidence for the somatic marker hypothesis: What participants really know in the Iowa gambling task. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(45), 16075-16080.
- Malmberg, M., Overbeek, G., Monshouwer, K., Lammers, J., Vollebergh, W. A. y Engels, R. C. (2010). Substance use risk profiles and associations with early substance use in adolescence. *Journal of behavioral medicine*, 33(6), 474-485.
- Malmberg, M., Kleinjan, M., Vermulst, A. A., Overbeek, G., Monshouwer, K., Lammers, J. y Engels, R. C. (2012). Do substance use risk personality dimensions predict the onset of substance use in early adolescence? A variable-and person-centered approach. *Journal of youth and adolescence*, 41(11), 1512-1525.

- Mar, R.A. (2011). The neural bases of social cognition and story comprehension. *Annu. Rev. Psychol.* 62,103–34.
- Marmorstein, N.R. (2013). Associations between dispositions to rash action and internalizing and externalizing symptoms in children. *J Clin Child Adolesc Psychol* 42(1), 131–138.
- Marsh, R., Zhu, H., Schultz, R. T., Quackenbush, G., Royal, J., Skudlarski, P., et al. (2006). A developmental fMRI study of self-regulatory control. *Human Brain Mapping*, 27(11), 848–863.
- Martín, M. R., Guillén, L. S., y Calvo, M. M. (2014). Alteraciones endocrinológicas más frecuentes en la adolescencia. *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 11(61), 3588-3604.
- Mathalon, D. H., Whitfield, S. L. y Ford, J. M. (2003). Anatomy of an error: ERP and fMRI. *Biological psychology*, 64(1), 119-141.
- Mazziotta, J., Toga, A., Evans, A., Fox, P., Lancaster, J., Zilles, K., et al. (2001). A four-dimensional probabilistic atlas of the human brain. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 8(5), 401-430.
- McClintock, M. y Herdt, G. (1996). Rethinking puberty: the development of sexual attraction, *Current Directions in Psychological Science* 5: 178-183.
- McClure, S. M., Berns, G. S. y Montague, P. R. (2003). Temporal prediction errors in a passive learning task activate human striatum. *Neuron*, 38(2), 339-346.
- McRobbie, D. W., Moore, E.A., Graves, M. J. y Prince, M. R. (2007). *MRI from Picture to Proton*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Medina, S. y León, J.M. (2004). Modelos explicativos de la psicología de la salud. En J.M. León, S. Medina, S. Barriga, A. Ballesteros y I.M. Herrera. *Psicología de la salud y de la calidad de vida*. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya.
- Mellers, B. A. y McGraw, A. P. (2001). Anticipated emotions as guides to choice. *Current Directions in Psychological Science*, 10(6), 210-214.
- Mellers, B. A., Schwartz, A., Ho, K. y Ritov, I. (1997). Decision affect theory: Emotional reactions to the outcomes of risky options. *Psychological Science*, 423-429.

- Meng, S.Z., Ozawa, Y., Itoh, M., Takashima, S. (1999). Developmental and age-related changes of dopamine transporter, and dopamine D1 and D2 receptors in human basal ganglia. *Brain Res. Rev.* 843 (1–2), 136–144.
- Miller, E. y Cohen, J. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annu. Rev. Neurosci.* 24, 167–202.
- Mitchell, J. P. (2008). Activity in right temporo-parietal junction is not selective for theory-of-mind. *Cerebral Cortex*, 18(2), 262-271.
- Modirrousta, M. y Fellows, L.K. (2008). Dorsal medial prefrontal cortex plays a necessary role in rapid error prediction in humans. *J. Neurosci.* 28, 14000–14005.
- Moffitt, T.E. (1993). Adolescence-limited and life-course-persistent antisocial behavior: A developmental taxonomy. *Psychological Review*, 100, 674–701.
- Mogenson, G. J. y Yang, C. R. (1991). The Contribution of Basal Forebrain to Limbic—Motor Integration and the Mediation of Motivation to Action. In *The basal forebrain* (pp. 267-290). Springer US.
- Monahan, K.C., Steinberg, L. y Cauffman, E. (2009). Affiliation with antisocial peers, susceptibility to peer influence, and antisocial behavior during the transition to adulthood. *Developmental Psychology*, 45(6), 1520.
- Montague, P.R. (2007). Neuroeconomics: a view from neuroscience. *Functional Neurology* 22, 219–234.
- Moreno, C., Ramos, P., Rivera, F., Jiménez-Iglesias, A., y García-Moya, I. (2012). Las conductas relacionadas con la salud y el desarrollo de los adolescentes españoles. Resumen del estudio Health Behaviour in School-aged Children (HBSC–2010). *Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad*.
- Moriguchi, Y., Ohnishi, T., Mori, T., Matsuda, H. y Komaki, G. (2007). Changes of brain activity in the neural substrates for theory of mind during childhood and adolescence. *Psychiatry Clin. Neurosci.* 61, 355–363.
- Nachev, C., Kennard, M. y Husain. (2008). Functional role of the supplementary and pre-supplementary motor areas. *Nat. Rev. Neurosci.* 9, 856-869.
- National Vital Statistics Reports (2012). Death rates per 100,000 population in United States, 2009. Vol. 60, No. 3, y Vol. 61, No. 7, October 26.

- Nelson, E., Leibenluft, E., McClure, E. y Pine, D. (2005). The social re-orientation of adolescence: A neuroscience perspective on the process and its relation to psychopathology. *Psychological Medicine*, 35, 163–174.
- Nestler, E. J. (2001). Molecular basis of long-term plasticity underlying addiction. *Nature reviews neuroscience*, 2(2), 119-128.
- Nixon, M. y Aguado, A. (2008). Feature extraction and image processing. Linacre House, Jordan Hill.
- Nock, M. K., Guilherme, B., Bromet, E. J., Cha, C. B., Kessler, R. C., y Lee, S. (2008). Suicide and suicidal behavior. *Epidemiologic Reviews*, 30, 133–154.
- O'Doherty, M.E. (2003). Optimists, pessimists, and realists. In S.L. Schnieder y J. Shanteau (Eds.), *Emerging perspectives on judgment and decision research* (pp. 643–679). New York: Cambridge University Press.
- O'Doherty, J. P., Dayan, P., Friston, K., Critchley, H. y Dolan, R. J. (2003). Temporal difference models and reward-related learning in the human brain. *Neuron*, 38(2), 329-337.
- Ogawa, S., Lee, T. M., Nayak, A. S. y Glynn, P. (1990). Oxygenation-sensitive contrast in magnetic-resonance image of rodent brain at high magnetic-fields. *Magnetic Resonance in Medicine*, 14(1), 68-78.
- Oldfield, R.C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* 9, 97-113.
- Olesen, P. J., Westerberg, H. y Klingberg, T. (2004). Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nature neuroscience*, 7(1), 75-79.
- Oliva, A. (2003). Adolescencia en España a principios del siglo XXI. *Cultura y Educación*, 15 (4), 373-383.
- Oliva, A. (2007). Desarrollo cerebral y asunción de riesgos durante la adolescencia. *Apuntes de Psicología*, 25 (3), 239-254.
- Oliva, A., y Parra, Á. (2004). Contexto familiar y desarrollo psicológico durante la adolescencia. In *Familia y desarrollo psicológico* (pp. 96-123). Pearson Educación.
- Oliva, A., Ríos, M., Antolín, L., Parra, Á., Hernando, Á., y Pertegal, M. Á. (2010). Más allá del déficit: Construyendo un modelo de desarrollo positivo adolescente. *Infancia y Aprendizaje*, 33(2), 223-234.

- Olson, I.R., Plotzker, A. y Ezzyat, Y. (2007). The enigmatic temporal pole: a review of findings on social and emotional processing. *Brain* 130, 1718–31.
- O'Malley, P. M., y Johnston, L. D. (2002). Epidemiology of alcohol and other drug use among American college students. *Journal of Studies on Alcohol*, S24, 23–39.
- Öngür, D. y Price, J. L. (2000). The organization of networks within the orbital and medial prefrontal cortex of rats, monkeys and humans. *Cerebral cortex*, 10(3), 206-219.
- Oppenheim, A. V. (1978). *Applications of Digital Signal Processing*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Ostby, Y., Tamnes, C. K., Fjell, A. M., Westlye, L. T., Due-Tønnessen, P. y Walhovd, K. B. (2009). Heterogeneity in subcortical brain development: a structural magnetic resonance imaging study of brain maturation from 8 to 30 years. *The Journal of neuroscience*, 29(38), 11772-11782.
- Pagnoni, G., Zink, C. F., Montague, P. R. y Berns, G. S. (2002). Activity in human ventral striatum locked to errors of reward prediction. *Nature neuroscience*, 5(2), 97-98.
- Papalia, D. E., Olds, S. W., y Feldman, R. D. (1992). Human Development Edition.
- Patterson, G. R., Dishion, T. J., y Yoerger, K. (2000). Adolescent growth in new forms of problem behavior: macro- and micro-peer dynamics. *Prevention Science*, 1, 3–13.
- Paulus, M.P., 1997. Long-range interactions in sequences of human behavior. *Phys. Rev. E* 55, 3249–3256.
- Paulus, M. P., Hozack, N., Frank, L., Brown, G. G. y Schuckit, M. A. (2003). Decision making by methamphetamine-dependent subjects is associated with error-rate-independent decrease in prefrontal and parietal activation. *Biological psychiatry*, 53(1), 65-74.
- Paulus, M.P. y Stein, M.B. (2006). An insular view of anxiety. *Biol. Psychiatry* 60, 383–387.
- Passingham, R. E., Toni, I. y Rushworth, M. F. (2000). Specialisation within the prefrontal cortex: the ventral prefrontal cortex and associative learning. In *Executive Control and the Frontal Lobe: Current Issues* (pp. 103-113). Springer Berlin Heidelberg.
- Payne, M.A. (2012) ‘All Gas and No Brakes!’: Helpful Metaphor or Harmful Stereotype?. *J. Adol. Res.* 27, 3–17.

- Peake, S.J., Dishion, T.J., Stormshak, E.A., Moore, W.E. y Pfeifer, J.H. (2013). Risk-taking and social exclusion in adolescence: Neural mechanisms underlying peer influences on decision-making. *Neuroimage* 82, 23–34.
- Pedersen, S. L., Molina, B. S., Belendiuk, K. A. y Donovan, J. E. (2012). Racial differences in the development of impulsivity and sensation seeking from childhood into adolescence and their relation to alcohol use. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 36(10), 1794-1802.
- Peper, J.S., van den Heuvel, M.P., Mandl, R.C., Hulshoff Pol, H.E., van Honk, J. (2011). Sex steroids and connectivity in the human brain: a review of neuroimaging studies. *Psychoneuroendocrinology*; 36(8), 1101–1113.
- Pérez-Albéniz, A., De Paúl, J., Etxeberría, J., Montes, M. P. y Torres, E. (2003). Adaptación de interpersonal reactivity index (IRI) al español. *Psicothema*, 15(2), 267-272.
- Pérez, J. y Torrubia, R. (1986). Fiabilidad y validez de la versión española de la Escala de Búsqueda de Sensaciones (forma V). *Revista Latinoamericana de Psicología*, 18, 7–22.
- Pessoa, L. (2008). On the relationship between emotion and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(2), 148-158.
- Petersen, A. C. (1988). Adolescent development. *Annual review of psychology*, 39(1), 583-607.
- Pfeifer, J.H. y Allen, N.B. (2012). Arrested development? Reconsidering dual- systems models of brain function in adolescence and disorders. *Trends in Cognitive Science*, 16, 322–329.
- Pfeifer, J.H. y Blakemore, S.J. (2012) Adolescent social cognitive and affective neuroscience: past, present, and future. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 7, 1–10
- Pfeifer, J. H., Masten, C. L., Moore, W. E., Oswald, T. M., Mazziotta, J. C., Iacoboni, M. y Dapretto, M. (2011). Entering adolescence: resistance to peer influence, risky behavior, and neural changes in emotion reactivity. *Neuron*, 69(5), 1029-1036.
- Pfeifer, J., Lieberman, M. y Dapretto, M. (2007). “I know you are but what am I?!”: neural bases of self-and social knowledge retrieval in children and adults. *Cognitive Neuroscience, Journal of*, 19(8), 1323-1337.

- Pfeifer, J.H., Masten, C.L., Borofsky, L.A., Dapretto, M., Fuligni, A.J. y Lieberman, M.D. (2009). Neural correlates of direct and reflected self-appraisals in adolescents and adults: when social perspective-taking informs self-perception. *Child Dev.* 80, 1016–1038.
- Pine, D.S. (2007). Research review: A neuroscience framework for pediatric anxiety disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48(7), 631–648.
- Pitskel, N. B., Bolling, D. Z., Kaiser, M. D., Crowley, M. J. y Pelphrey, K. A. (2011). How grossed out are you? The neural bases of emotion regulation from childhood to adolescence. *Developmental cognitive neuroscience*, 1(3), 324–337.
- Platt, M. L. y Glimcher, P. W. (1999). Neural correlates of decision variables in parietal cortex. *Nature*, 400(6741), 233–238.
- Poldrack, R.A. (2010). Mapping mental function to brain structure: how can cognitive neuroimaging succeed? *Persp. Psychol. Sci.* 5, 753–761.
- Poldrack, R.A., Mumford, J.A. y Nichols, T.E. (2011). *Handbook of functional MRI data analysis*. Cambridge University Press.
- Power, J.D., Barnes, K.A., Snyder, A.Z., Schlaggar, B.L. y Petersen, S.E. (2012). Spurious but systematic correlations in functional connectivity MRI networks arise from subject motion. *Neuroimage*, 59(3), 2142–2154.
- Premack, D.G. y Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behavioral and Brain Sciences*, 1, 515–26.
- Prencipe, A., Kesek, A., Cohen, J., Lamm, C., Lewis, M. D. y Zelazo, P. D. (2011). Development of hot and cool executive function during the transition to adolescence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108, 621–637.
- Prentice-Dunn, S. y Rogers, R. W. (1986). Protection Motivation Theory and preventive health: beyond the Health Belief Model. *Health Education Research*, 1(3), 153–161.
- Prinstein, M., Meade, C. y Cohen, G. (2003). Adolescent oral sex, peer popularity, and perceptions of best friends' sexual behavior. *Journal of Pediatric Psychology*, 28, 243–249.
- Quinn, P.D. y Harden, K.P. (2013). Differential changes in impulsivity and sensation seeking and the escalation of substance use from adolescence to early adulthood. *Dev Psychopathol* 25(1), 223–239.

- Ramnani, N., y Miall, R. C. (2004). A system in the human brain for predicting the actions of others. *Nature Neuroscience*, 7(1), 85-90.
- Rauch, S.L., Shin, L.M. y Wright, C. I. (2003). Neuroimaging studies of amygdala function in anxiety disorders. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 985, 389–410.
- Rawn, C. D. y Vohs, K. D. (2011). When people strive for self-harming goals: Sacrificing personal health for interpersonal success. In K. D. Vohs y R. F. Baumeister (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 374–389). NY: Guilford.
- Ray, L. A., Bryan, A., MacKillop, J., McGeary, J., Hesterberg, K., y Hutchison, K. E. (2009). GENETIC STUDY: The dopamine D4 Receptor (DRD4) gene exon III polymorphism, problematic alcohol use and novelty seeking: direct and mediated genetic effects. *Addiction biology*, 14(2), 238-244.
- Redcay, E., Dodell-Feder, D., Pearrow, M. J., Mavros, P. L., Kleiner, M., Gabrieli, J. D. E., et al. (2010). Live face-to-face interaction during fMRI: A new tool for social cognitive neuroscience. *Neuroimage*, 50(4), 1639-1647.
- Reyna, V. (2004a). How people make decisions that involve risk: A dual-processes approach. *Current Directions in Psychological Science*, 13, 60–66.
- Reyna, V.F., y Adam, M.B. (2003). Fuzzy-trace theory, risk communication, and product labeling in sexually transmitted diseases. *Risk Analysis*, 23, 325–342.
- Reyna, V.F., Adam, M.B., Poirier, K., LeCroy, C.W., y Brainerd, C.J. (2005). Risky decision-making in childhood and adolescence: A fuzzy-trace theory approach. In J. Jacobs y P. Klaczynski (Eds.), *The development of judgment and decision-making in children and adolescents* (pp. 77–106). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Reyna, V.F. y Farley, F. (2006). Risk and rationality in adolescent decision-making: Implications for theory, practice, and public policy. *Psychological Science in the Public Interest*, 7, 1–44.
- Ridderinkhof, K. R., van den Wildenberg, W. P., Segalowitz, S. J. y Carter, C. S. (2004). Neurocognitive mechanisms of cognitive control: The role of prefrontal cortex in action selection, response inhibition, performance monitoring, and reward-based learning. *Brain and Cognition*, 56(2), 129–140.
- Rilling, J.K. y Sanfey, A.G. (2011). The neuroscience of social decision-making. *Annu. Rev. Psychol*, 62, 23-48.

- Robbins, T.W. (1997). Arousal systems and attentional processes. *Biol Psychol* 45, 57–71.
- Robbins, T.W. y Everitt, J. (1996). Neurobehavioural mechanisms of reward and motivation. *Curr. Opin. Neurobiol.* 6, 228–236.
- Roberti, J.W. (2004). A review of behavioral and biological correlates of sensation seeking. *Journal of research in personality*, 38(3), 256-279.
- Rodrigo, M. J., García, M., Máiquez, M. L., y Triana, B. (2005). Discrepancias entre padres e hijos adolescentes en la frecuencia percibida e intensidad emocional en los conflictos familiares. *Estudios de Psicología*, 26(1), 21-34.
- Rodrigo, M. J., Maiquez, M. L., Padrón, I., y Garcia, M. (2009). ¿ Por qué y con qué intención lo hizo? Atribuciones de los padres y adolescentes en los conflictos familiares. *Psicothema*, 21(2), 268-273
- Rodrigo, M. J., Padrón, I., de Vega, M. y Ferstl, E. C. (2014). Adolescents' risky decision-making activates neural networks related to social cognition and cognitive control processes. *Frontiers in Human Neuroscience*. 8:60. doi: 10.3389/fnhum.2014.00060
- Roese, N.J. (2005). *If only: How to turn regret into opportunity*. Random House LLC.
- Rogers, R.W. (1975). A protection motivation theory of fear appeals and attitude change. *Journal of Psychology: Interdisciplinary and Applied*, 91(1), 93-114.
- Rogers, R.W. (1983). Cognitive and physiological processes in fear appeals and attitude change: A revised theory of protection motivation. In J.T. Cacioppo, R.E. Petty, y D. Shapiro (Eds.), *Social psychophysiology: A sourcebook* (pp. 153–176). New York: Guilford.
- Rogers, R.W. (1985). Attitude change and information integration in fear appeals. *Psychological Reports*, 56 (1), 179-182.
- Rogers, R.D., Everitt, B.J., Baldacchino, A., Blackshaw, A.J., Swainson, R., Wynne, K. y Robbins, T.W. (1999a). 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*, 20(4), 322-339.
- Rogers, R.D., Owen, A.M., Middleton, H.C., Williams, E.J., Pickard, J.D., Sahakian, B.J. y Robbins, T.W. (1999). Choosing between small, likely rewards and large, unlikely rewards activates inferior and orbital prefrontal cortex. *J. Neurosci.* 19, 9029– 9038.

- Romer, D., Duckworth, A. L., Sznitman, S. y Park, S. (2010). Can adolescents learn self-control? Delay of gratification in the development of control over risk taking. *Prevention Science*, 11(3), 319-330.
- Romer, D. y Hennessy, M. (2007). A biosocial-affect model of adolescent sensation seeking: The role of affect evaluation and peer-group influence in adolescent drug use. *Prevention Science*, 8(2), 89-101.
- Rosenberg, D.R. y Lewis, D.A. (1994). Changes in the dopaminergic innervation of monkey prefrontal cortex during late postnatal development: a tyrosine hydroxylase immunohistochemical study. *Biol. Psychiatry* 36, 272–277.
- Rosenberg, D., y Lewis, D. (1995). Postnatal maturation of the dopaminergic innervation of monkey prefrontal and motor cortices: A tyrosine hydroxylase immunohistochemical analysis. *Journal of Comparative Neurology*, 358, 383–400.
- Rosenstock, I. (1974). Historical Origins of the Health Belief Model. *Health Education Monographs*, 2(4), 328-335.
- Roseweir, A. K., y Millar, R. P. (2009). The role of kisspeptin in the control of gonadotrophin secretion. *Human reproduction update*, 15(2), 203-212.
- Ross, L. y Olson, I. R. (2010). Social cognition and the anterior temporal lobes. *Neuroimage*, 49, 3452-3462
- Ross, J., Roeltgen, D. y Zinn, A. (2006). Cognition and the sex chromosomes: studies in Turner syndrome. *Horm. Res.* 65, 47–56.
- Ross, J. S., Tkach, J., Ruggieri, P. M., Lieber, M., y Lapresto, E. (2003). The mind's eye: functional MR imaging evaluation of golf motor imagery. *American Journal of Neuroradiology*, 24(6), 1036-1044.
- Rubia, F. (2004). La corteza prefrontal, órgano de la civilización. *Revista de Occidente*, 272, 88-97.
- Rubia, K., Hyde, Z., Halari, R., Giampietro, V. y Smith, A. (2010). Effects of age and sex on developmental neural networks of visual–spatial attention allocation. *Neuroimage*, 51(2), 817–827.
- Rubia, K., Smith, A. B., Taylor, E. y Brammer, M. (2007). Linear age-correlated functional development of right inferior fronto-striato-cerebellar networks during response

- inhibition and anterior Cingulate during error-related processes. *Human Brain Mapping*, 28(11), 1163–1177.
- Rubia, K., Smith, A. B., Woolley, J., Nosarti, C., Heyman, I., Taylor, E., et al. (2006). Progressive increase of frontostriatal brain activation from childhood to adulthood during event-related tasks of cognitive control. *Human Brain Mapping*, 27(12), 973–993.
- Saarela, M.V., Hlushchuk, Y., Williams, A.C., Schurmann, M., Kalso, E. y Hari, R. (2007). The compassionate brain: humans detect intensity of pain from another's face. *Cereb Cortex*, 17, 230–237.
- Salamone, J. D. y Correa, M. (2002). Motivational views of reinforcement: implications for understanding the behavioral functions of nucleus accumbens dopamine. *Behavioural brain research*, 137(1), 3-25.
- Sanfey, A.G. (2007). Social Decision-Making: Insights from Game Theory and Neuroscience. *Science*, 318, 598 – 602.
- Santor, D. A., Messervey, D., y Kusumakar, V. (2000). Measuring peer pressure, popularity, and conformity in adolescent boys and girls: predicting school performance, sexual attitudes, and substance abuse. *Journal of Youth and Adolescence*, 29, 163–182.
- Sargent, J. D., Tanski, S., Stoolmiller, M. y Hanewinkel, R. (2010). Using sensation seeking to target adolescents for substance use interventions. *Addiction*, 105(3), 506-514.
- Saxe, R., Carey, S. y Kanwisher, N. (2004). Understanding other minds: Linking developmental psychology and functional neuroimaging. *Annu. Rev. Psychol.* 55, 87–124.
- Saxe, R. y Kanwisher, N. (2003). People thinking about thinking people: fMRI investigations of theory of mind. *Neuroimage*, 19, 1835-1842.
- Saxe, R. y Powell, L. J. (2006). It's the thought that counts: Specific brain regions for one component of theory of mind. *Psychological Science*, 17(8), 692-699.
- Saxe, R. R., Whitfield-Gabrieli, S., Scholz, J. y Pelphrey, K. A. (2009). Brain regions for perceiving and reasoning about other people in school-aged children. *Child development*, 80(4), 1197-1209.

- Schachter, S. y Singer, J. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological review*, 69(5), 379.
- Scherf, K. S., Sweeney, J. A. y Luna, B. (2006). Brain basis of developmental change in visuospatial working memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(7), 1045-1058.
- Schiebener, J., García-Arias, M., García-Villamizar, D., Cabanyes-Truffino, J. y Brand, M. (2014). Developmental changes in decision making under risk: The role of executive functions and reasoning abilities in 8-to 19-year-old decision makers. *Child Neuropsychology*, (ahead-of-print), 1-20.
- Schoenbaum, G. y Setlow, B. (2003). Lesions of nucleus accumbens disrupt learning about aversive outcomes. *The Journal of neuroscience*, 23(30), 9833-9841.
- Schmithorst, V. J., Wilke, M., Dardzinski, B. J. y Holland, S. K. (2002). Correlation of White Matter Diffusivity and Anisotropy with Age during Childhood and Adolescence: A Cross-sectional Diffusion-Tensor MR Imaging Study 1. *Radiology*, 222(1), 212-218.
- Schultz, W. (1998). Predictive reward signal of dopamine neurons. *Journal of neurophysiology*, 80(1), 1-27.
- Schultz, W. (2002). Getting formal with dopamine and reward. *Neuron*, 36(2), 241-263.
- Schultz, W. (2007). Multiple dopamine functions at different time courses. *Annu. Rev. Neurosci.* 30, 259–288.
- Schultz, W., Dayan, P. y Montague, P.R. (1997). A neural substrate of prediction and reward. *Science* 275, 1593–1599.
- Sebastian, C.L., Tan, G.C.Y., Roiser, J.P., Viding, E., Dumontheil, I. y Blakemore S.J. (2011). Developmental influences on the neural bases of responses to social rejection: implications of social neuroscience for education. *Neuroimage* 57, 686–694.
- Seeman, P., Bzowj, N.H., Fuan, H.C., Bergeron, C., Becker, L.E., Reynolds, G.P., Bird, E.D., et al. (1987). Human brain dopamine receptors in children and aging adults. *Synapse* 1, 399–404.
- Shadlen, M. N. y Newsome, W. T. (2001). Neural basis of a perceptual decision in the parietal cortex (area LIP) of the rhesus monkey. *Journal of neurophysiology*, 86(4), 1916-1936.

- Shallice, T.I. M. y Burgess, P. W. (1991). Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain*, 114(2), 727-741.
- Shallice, T., Burgess, P. W., Schon, F. y Baxter, D. M. (1989). The origins of utilization behaviour. *Brain*, 112(6), 1587-1598.
- Shamay-Tsoory, S.G., Harari, H., Aharon-Peretz, J. y Levkovitz, Y. (2010). The role of the orbitofrontal cortex in affective theory of mind deficits in criminal offenders with psychopathic tendencies. *Cortex*, 46(5), 668-77.
- Shamay-Tsoory, S.G., Tomer, R., Berger, B.D., Goldsher, D. y Aharon- Peretz, J. (2005). Impaired "affective theory of mind" is associated with right ventromedial prefrontal damage. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 18(1), 55-67.
- Shapiro, L. y Stockman, G. C. (2001). Computer Vision. ed: *Prentice Hall*.
- Shaw, P., Kabani, N. J., Lerch, J. P., Eckstrand, K., Lenroot, R., Gogtay, N. y Wise, S. P. (2008). Neurodevelopmental trajectories of the human cerebral cortex. *The Journal of Neuroscience*, 28(14), 3586-3594.
- Shepperd, J. A. y McNulty, J. K. (2002). The affective consequences of expected and unexpected outcomes. *Psychological Science*, 13(1), 85-88.
- Shulman, E. P., Harden, K. P., Chein, J. M., y Steinberg, L. (2015). Sex differences in the developmental trajectories of impulse control and sensation-seeking from early adolescence to early adulthood. *Journal of youth and adolescence*, 44(1), 1-17.
- Siegel, L.S. y Ryan, E.B. (1989). The development of working memory in normally achieving and subtypes of learning disabled children. *Child Dev.* 60, 973-980.
- Silk, J. S., Steinberg, L. y Morris, A. S. (2003). Adolescents' emotion regulation in daily life: Links to depressive symptoms and problem behavior. *Child Development*, 74(6), 1869-1880.
- Simons-Morton, B., Lerner, N., y Singer, J. (2005). The observed effects of teenage passengers on the risky driving behavior of teenage drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 973-982.
- Singer, T., Critchley, H.D. y Preuschoff, K. (2009). A common role of insula in feelings, empathy and uncertainty. *Trends in Cognitive Sciences*, 13, 334-40.

- Singer, T., Seymour, B., O'Doherty, J., Kaube, H., Dolan, R.J. y Frith, C.D. (2004). Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain. *Science* 303, 1157–1162.
- Singer, T., Seymour, B., O'Doherty, J.P., Stephan, K.E., Dolan, R.J. y Frith, C.D. (2006). Empathic neural responses are modulated by the perceived fairness of others. *Nature* 439, 466–469.
- Sladky, R., Friston, K. J., Troestl, J., Cunnington, R., Moser, E. y Windischberger, C. (2011). Slice-timing effects and their correction in functional MRI. *Neuroimage*, 58(2), 588-594.
- Slovic, P. (2000). What does it mean to know a cumulative risk? Adolescents' perceptions of short-term and long-term consequences of smoking. *Journal of Behavioral Decision Making*, 13, 259–266.
- Slovic, P. (2001). *Smoking: Risk, perception, and policy*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Slovic, P., Finucane, M., Peters, E., y MacGregor, D.G. (2004). Risk as analysis and risk as feelings: Some thoughts about affect, reason, risk, and rationality. *Risk Analysis*, 24, 1–12.
- Smetana, J. G. (1989). Adolescents' and Parents' Reasoning about family conflict. *Child Development*, 60, 1052 - 1067.
- Smetana J. G. (1995). Parenting styles and conceptions of parental authority during adolescence. *Child Development*, 66, 299-316.
- Smith, A. R., Chein, J. y Steinberg, L. (2013). Impact of socio-emotional context, brain development, and pubertal maturation on adolescent risk-taking. *Hormones and behavior*, 64(2), 323-332.
- Somerville, L.H. (2011) Frontostriatal maturation predicts cognitive control failure to appetitive cues in adolescents. *J. Cogn. Neurosci.* 23, 2123–2134.
- Somerville, L.H. y Casey, B.J. (2010). Developmental neurobiology of cognitive control and motivational systems. *Curr. Opin. Neurobiol.* 20, 236–241.
- Somerville, L. H., Jones, R. M., y Casey, B. J. (2010). A time of change: behavioral and neural correlates of adolescent sensitivity to appetitive and aversive environmental cues. *Brain and cognition*, 72(1), 124-133.

- Sowell, E. R., Peterson, B. S., Thompson, P. M., Welcome, S. E., Henkenius, A. L. y Toga, A. W. (2003). Mapping cortical change across the human life span. *Nature neuroscience*, 6(3), 309-315.
- Sowell, E. R., Thompson, P. M., Holmes, C. J., Jernigan, T. L. y Toga, A. W. (1999). In vivo evidence for post-adolescent brain maturation in frontal and striatal regions. *Nature neuroscience*, 2(10), 859-861.
- Sowell, E. R., Thompson, P. M., Leonard, C. M., Welcome, S. E., Kan, E., y Toga, A. W. (2004). Longitudinal mapping of cortical thickness and brain growth in normal children. *The Journal of Neuroscience*, 24(38), 8223-8231.
- Sowell, E.R., Thompson, P.M., Tessner, K.D., Toga, A.W. (2001). Mapping continued brain growth and gray matter density reduction in dorsal frontal cortex: Inverse relationships during postadolescent brain maturation. *J Neurosci*, 21(22), 8819-29.
- Spear, L.P. (2000). The adolescent brain and age-related behavioral manifestations. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 24, 417– 463.
- Spear, L.P. (2007a). The psychobiology of adolescence. En K. Kline (Ed.), *Authoritative Communities: The Scientific Case for Nurturing Children in Body, Mind, and Spirit*. Nueva York: Springer Publishing.
- Spear, L.P. (2007b). The developing brain and adolescent-typical behavior patterns: An evolutionary approach. En Walker, E., Bossert, J., y Romer, D. (Eds.), *Adolescent Psychopathology and the Developing Brain: Integrating Brain and Prevention Science*. Oxford: Oxford University Press.
- Spear, L.P. (2009). *The behavioral neuroscience of adolescence*. W.W. Norton y Co., New York.
- Spear, L.P. (2010). *The Behavioral Neuroscience of Adolescence*, 1st ed. W.W. Norton y Company, Inc., New York.
- Stansfield, K. H., y Kirstein, C. L. (2006). Effects of novelty on behavior in the adolescent and adult rat. *Developmental psychobiology*, 48(1), 10-15.
- Statistics Canada (2013). Mood disorders, by age group and sex (number). <<http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/101/cst01/health113a-eng.htm>>.
- Steinberg, L. (2004). Risk taking in adolescence: What changes and why? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1021, 51–58.

- Steinberg, L. (2005). Cognitive and affective development in adolescence. *Trends in Cognitive Science*, 9, 69–74.
- Steinberg, L. (2008) A social neuroscience perspective on adolescent risk-taking. *Dev. Rev.* 28, 78–106.
- Steinberg, L., Albert, D., Cauffman, E., Banich, M., Graham, S., Woolard, J. (2008). Age differences in sensation seeking and impulsivity as indexed by behavior and self-report: Evidence for a dual systems model. *Dev. Psychol.* 44, 1764 – 1778.
- Steinberg, L. (2010) A behavioral scientist looks at the science of adolescent brain development. *Brain Cogn.* 72, 160–164
- Steinberg, L. (2010). A dual systems model of adolescent risk-taking. *Dev.Psychobiol.* 52, 216–224.
- Steinberg, L., y Belsky, J. (1996). A sociobiological perspective on psychopathology in adolescence. In D. Cicchetti y S. Toth (Eds.). *Rochester Symposium on Developmental Psychopathology* (Vol. 7, pp. 93–124). Rochester, NY: University of Rochester Press.
- Steinberg, L., Cauffman, E., Woolard, J., Graham, S. y Banich, M. (2009). Are adolescents less mature than adults?: Minors' access to abortion, the juvenile death penalty, and the alleged APA" flip-flop.". *American Psychologist*, 64(7), 583.
- Steinberg, L. y Chein, J. (2006). Unpublished raw data.
- Steinberg, L. y Monahan, K. (2007). Age differences in resistance to peer influence. *Developmental Psychology*, 43, 1531–1543.
- Steinberg, L. y Morris, A.S. (2001). Adolescent development. *Annual Review of Psychology*, 52, 83–110.
- Steinberg, L., y Silk, J. S. (2002). Parenting adolescents. En I. Bornstein (Ed.), *Handbook of parenting* (Vol. I. Children and parenting,). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Sussman, S., Dent, C., McAdams, L., Stacy, A., Burton, D., y Flay, B. (1994). Group self-identification and adolescent cigarette smoking: A 1-year prospective study. *Journal of Abnormal Psychology*, 103(3), 576-580.
- Tabachnick, B.G. y Fidell, L.S. (2007), *Using Multivariate Statistics* (5th ed.). New York: Allyn and Bacon.

- Tamnes, C. K., Østby, Y., Fjell, A. M., Westlye, L. T., Due-Tønnessen, P. y Walhovd, K. B. (2010). Brain maturation in adolescence and young adulthood: regional age-related changes in cortical thickness and white matter volume and microstructure. *Cerebral Cortex*, 20(3), 534-548.
- Taylor, S. F., Welsh, R. C., Wager, T. D., Phan, K. L., Fitzgerald, K. D. y Gehring, W. J. (2004). A functional neuroimaging study of motivation and executive function. *Neuroimage*, 21(3), 1045-1054.
- Teicher, M., Andersen, S., y Hostetter, J. Jr., (1995). Evidence for dopamine receptor pruning between adolescence and adulthood in striatum but not nucleus accumbens. *Developmental Brain Research*, 89, 167–172.
- Thatcher, R.W. (1994). Cyclic cortical reorganization during early childhood. *Brain Cogn*, 20(1), 24-50.
- Tversky, A., y Kahneman, D. (1975): Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Catalog Selected Documents Psychol*, 5, 182.
- Tversky, A. y Kahneman, D. (1981). The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*, 211(4481), 453-458.
- Uddin, L.Q., Iacoboni, M., Lange, C. y Keenan, J.P. (2007). The self and social cognition: the role of cortical midline structures and mirror neurons. *Trends Cogn. Sci.* 11, 153–157.
- Udry, J. (1987). Hormonal and social determinants of adolescent sexual initiation. In J. Bancroft (Ed.), *Adolescence and puberty* (pp.70–87). New York: Oxford University Press.
- Urberg, K. A., Degirmencioglu, S. y Pilgrim, C. (1997). Close friend and group influence on adolescent cigarette smoking and alcohol use. *Developmental Psychology*, 33, 834–844.
- Urošević, S., Collins, P., Muetzel, R., Lim, K. y Luciana, M. (2012). Longitudinal changes in behavioral approach system sensitivity and brain structures involved in reward processing during adolescence. *Developmental psychology*, 48(5), 1488.
- Usami, K., Matsumoto, R., Kunieda, T., Shimotake, A., Matsuhashi, M., Miyamoto, S. y Ikeda, A. (2013). Pre-SMA actively engages in conflict processing in human: a

- combined study of epicortical ERPs and direct cortical stimulation. *Neuropsychologia*, 51(5), 1011-1017.
- US Department of Health and Human Services. (2014). The health consequences of smoking—50 years of progress: A report of the surgeon general. *Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Office on Smoking and Health*, 17.
- Vaillant, G.E. (2003). A 60-year follow-up of alcoholic men. *Addiction*, 98, 1043–1051.
- Valencia, C., Londoño, C., Amézquita, M., Cortés, J., Guerra, M., Hurtado, A. y Ordoñez, J. (2009). Diseño del cuestionario de creencias referidas al consumo de alcohol para jóvenes universitarios. *Diversitas*, 5 (2), 337-347.
- Van den Bos, W., van Dijk, E., Westenberg, M., Rombouts, S.A.R.B. y Crone, E.A. (2011). Changing brains, changing perspectives the neurocognitive development of reciprocity. *Psychol. Sci.* 22, 60–70.
- Van der Meer, L., Costafreda, S., Aleman, A. y David, A. S. (2010). Self-reflection and the brain: a theoretical review and meta-analysis of neuroimaging studies with implications for schizophrenia. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 34, 935–946.
- Van Dijk, K.R., Sabuncu, M.R. y Buckner, R.L. (2012). The influence of head motion on intrinsic functional connectivity MRI. *Neuroimage*, 59(1), 431-438.
- Van Leijenhorst, L., Moor, B. G., de Macks, Z. A. O., Rombouts, S. A., Westenberg, P. M. y Crone, E. A. (2010). Adolescent risky decision-making: neurocognitive development of reward and control regions. *Neuroimage*, 51(1), 345-355.
- Van Leijenhorst, L., Westenberg, P.M. y Crone, E.A. (2008). A developmental study of risky decisions on the cake gambling task: age and gender analyses of probability estimation and reward evaluation. *Developmental Neuropsychology*, 33, 179–196.
- Van Leijenhorst, L., Zanolie, K., Van Meel, C. S., Westenberg, P. M., Rombouts, S. A. y Crone, E. A. (2010). What motivates the adolescent? Brain regions mediating reward sensitivity across adolescence. *Cerebral Cortex*, 20(1), 61–69.
- Van Overwalle, F. y Baetens, K. (2009). Understanding others' actions and goals by mirror and mentalizing systems: A meta-analysis. *Neuroimage*, 48(3), 564-584.

- Van Veen, V. y Carter, C.S. (2002). The timing of action-monitoring processes in the anterior cingulate cortex. *J. Cogn. Neurosci.* 14, 593– 602.
- van Veen, V., Holroyd, C. B., Cohen, J. D., Stenger, V. A. y Carter, C. S. (2004). Errors without conflict: implications for performance monitoring theories of anterior cingulate cortex. *Brain and cognition*, 56(2), 267-276.
- Vasa, R. A., Pine, D. S., Thorn, J. M., Nelson, T. E., Spinelli, S., Nelson, E. y Mostofsky, S. H. (2011). Enhanced right amygdala activity in adolescents during encoding of positively valenced pictures. *Developmental cognitive neuroscience*, 1(1), 88-99.
- Velanova, K., Wheeler, M. E. y Luna, B. (2009). The maturation of task set-related activation supports late developmental improvements in inhibitory control. *The Journal of Neuroscience*, 29(40), 12558-12567.
- Voisin, D.R., Tan, K., Diclemente, R.J. (2013). A longitudinal examination of the relationship between sexual sensation seeking and STI-related risk factors among African American females. *AIDS Educ Prev* 25(2), 124–134.
- Völlm, B. A., Taylor, A. N., Richardson, P., Corcoran, R., Stirling, J., McKie, S. y Elliott, R. (2006). Neuronal correlates of theory of mind and empathy: a functional magnetic resonance imaging study in a nonverbal task. *Neuroimage*, 29(1), 90-98.
- Wahlstrom D, Collins P, White T, Luciana M. (2010). Developmental changes in dopamine neurotransmission in adolescence: behavioral implications and issues in assessment. *Brain Cogn.* 72(1), 146–159.
- Wahlstrom, D., White, T., Luciana, M., (2010). Neurobehavioral evidence for changes in dopamine system activity during adolescence. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 34, 631–648.
- Wager, T. D., Davidson, M. L., Hughes, B. L., Lindquist, M. A. y Ochsner, K. N. (2008). Prefrontal-subcortical pathways mediating successful emotion regulation. *Neuron*, 59(6), 1037-1050.
- Wang, A.T., Lee, S.S., Sigman, M. y Dapretto, M. (2006). Developmental changes in the neural basis of interpreting communicative intent. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 1(2), 107–21.
- Wang, C., Ulbert, I., Schomer, D.L., Marinkovic, K. y Halgren, E. (2005). Responses of human anterior cingulate cortex microdomains to error detection, conflict monitoring, stimulus-response mapping, familiarity, and orienting. *J. Neurosci.* 25, 604–613.

- Weinberger, D.R., Elvevag, B. y Giedd, J.N. (2005). *The adolescent brain: A work in progress*. Washington, DC: National Campaign to Prevent Teen Pregnancy.
- Weinstein, S. M., Mermelstein, R. J., Hankin, B. L., Hedeker, D. y Flay, B. R. (2007). Longitudinal patterns of daily affect and global mood during adolescence. *Journal of Research on Adolescence*, 17(3), 587–599.
- Willoughby, T., Good, M., Adachi, P. J., Hamza, C., y Tavernier, R. (2013). Examining the link between adolescent brain development and risk taking from a social–developmental perspective. *Brain and cognition*, 83(3), 315–323.
- Wise, R. A. (1996). Neurobiology of addiction. *Current opinion in neurobiology*, 6(2), 243–251.
- Wise, R.A. (2004). Dopamine, learning and motivation. *Nat. Rev. Neurosci.* 5 (6), 483–494.
- Wolfe, D. A., Jaffe, P. G., y Crooks, C. V. (2006). *Adolescent risk behaviors: Why teens experiment and strategies to keep them safe*. New Haven, CT, US: Yale University Press.
- Wong, C. y Gallate, J. (2012). The function of the anterior temporal lobe: A review of the empirical evidence. *Brain research*, 1449, 94–116.
- Woolfolk, A., y Perry, N. E. (2014). *Child and adolescent development*. Pearson Higher Ed.
- Young, L., Dodell-Feder, D. y Saxe, R. (2010). What gets the attention of the temporoparietal junction? An fMRI investigation of attention and theory of mind. *Neuropsychologia* 48, 2658–2664.
- Youth Risk Behavior Survey. (2013). Vermont Department of Health, USA. Available at: http://healthvermont.gov/research/yrbs/2013/documents/2013_yrbs_full_report.pdf (accessed January 4, 2015).
- Zaki, J., y Ochsner, K. N. (2009). The need for a cognitive neuroscience of naturalistic social cognition. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1167, 16–30.
- Zeelenberg, M., van Dijk, W. W., Van der Pligt, J., Manstead, A. S., Van Empelen, P. y Reinderman, D. (1998). Emotional reactions to the outcomes of decisions: The role of counterfactual thought in the experience of regret and disappointment. *Organizational behavior and human decision processes*, 75(2), 117–141.

- Zelazo, P.D. y Cunningham, W. (2007). Executive function: Mechanisms underlying emotion regulation. In J. Gross (Ed.), *Handbook of Emotion Regulation* (pp. 135-158). New York. Guildford Press.
- Zimring, F. (1998). American youth violence. New York: Oxford University Press.
- Zuckerman, M. (1994). Behavioral expressions and biosocial bases of sensation seeking. New York: Cambridge University Press.
- Zuckerman, M., Eysenck, S. y Eysenck, H. J. (1978). Sensation seeking in England and America: Cross-cultural, age, and sex comparisons. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 46, 139–149.

9. ANEXOS

Anexo 3.1: Medias y desviaciones típicas de cada una de las situaciones cuando son vividas en primera persona para todos los participantes.

SITUACION	TU		SITUACION	TU	
	M	DT		M	DT
1	.23	.427	33	.27	.482
2	.70	.462	34	.10	.303
3	.18	.390	35	.20	.403
4	.38	.490	36	.63	.486
5	.60	.494	37	.22	.415
6	.30	.462	38	.57	.500
7	.62	.490	39	.28	.454
8	.20	.403	40	.62	1.451
9	.47	.503	41	.50	.504
10	.45	.502	42	.82	.390
11	.40	.494	43	.45	.502
12	.18	.390	44	.07	.252
13	.65	.481	45	.67	.475
14	.45	.502	46	.45	.502
15	.52	.504	47	.05	.220
16	.73	.446	48	.20	.403
17	.27	.446	49	.27	.446
18	.48	.504	50	.12	.324
19	.47	.503	51	.32	.469
20	.60	.494	52	.03	.181
21	.28	.454	53	.00	.000
22	.37	.486	54	.32	.469
23	.90	.303	55	.57	.500
24	.57	.500	56	.68	.469
25	.25	.437	57	.58	.497
26	.10	.303	58	.30	.462
27	.47	.503	59	.05	.220
28	.72	.454	60	.28	.454
29	.68	.469	61	.88	.324
30	.07	.252	62	.43	.500
31	.03	.181	63	.88	.324
32	.12	.324	TOTAL	.40	.166

Anexo 3.2: Medias de cada una de las situaciones cuando son vividas en primera persona (TU), en función del género. (ANOVA por sexo para cada situación) * $p = .05$ ** $p = .01$

SITUACION	TU		SITUACION	TU	
	Hombre	Mujer		Hombre	Mujer
1**	0.4	0.07	33**	0.07	0.47
2	0.77	0.63	34	0.13	0.07
3	0.2	0.17	35	0.2	0.2
4	0.43	0.33	36	0.6	0.67
5	0.7	0.5	37*	0.33	0.1
6	0.4	0.2	38	0.47	0.67
7**	0.87	0.37	39*	0.4	0.17
8	0.13	0.27	40*	1	0.23
9**	0.7	0.23	41	0.5	0.5
10**	0.63	0.27	42	0.9	0.73
11	0.47	0.33	43	0.53	0.37
12	0.1	0.27	44*	0.13	0
13	0.73	0.57	45	0.77	0.57
14	0.47	0.43	46	0.57	0.33
15	0.63	0.4	47	0.03	0.07
16	0.77	0.7	48**	0.33	0.07
17	0.3	0.23	49	0.33	0.2
18	0.47	0.5	50	0.13	0.1
19	0.4	0.53	51	0.37	0.27
20	0.6	0.6	52	0.07	0
21	0.3	0.27	53	0	0
22	0.43	0.3	54	0.33	0.3
23	0.93	0.87	55	0.57	0.57
24	0.57	0.57	56	0.73	0.63
25	0.3	0.2	57**	0.8	0.37
26**	0.2	0	58	0.2	0.4
27**	0.7	0.23	59	0.07	0.03
28**	0.53	0.9	60	0.33	0.23
29	0.77	0.6	61	0.9	0.87
30	0.07	0.07	62	0.5	0.37
31	0.03	0.03	63	0.83	0.93
32**	0	0.23			

Anexo 3.3: Medias de cada una de las situaciones cuando la han visto en otras personas (OTRO).

SITUACIÓN	OTRO		SITUACION	OTRO	
	M	DT		M	DT
1	.63	.486	33	.52	.504
2	.83	.376	34	.37	.486
3	.37	.486	35	.42	.497
4	.62	.490	36	.58	.497
5	.73	.446	37	.30	.462
6	.68	.469	38	.45	.502
7	.73	.446	39	.33	.475
8	.33	.475	40	.65	.481
9	.78	.415	41	.43	.500
10	.63	.486	42	.82	.390
11	.55	.502	43	.53	.503
12	.23	.427	44	.32	.469
13	.73	.446	45	.78	.415
14	.85	.360	46	.63	.486
15	.73	.446	47	.08	.279
16	.82	.390	48	.50	.504
17	.40	.494	49	.60	.494
18	.55	.502	50	.48	.504
19	.73	.446	51	.37	.486
20	.82	.390	52	.07	.252
21	.55	.502	53	.05	.220
22	.37	.486	54	.58	.497
23	.83	.376	55	.73	.446
24	.73	.446	56	.82	.390
25	.60	.494	57	.73	.446
26	.48	.504	58	.32	.469
27	.65	.481	59	.17	.376
28	.78	.415	60	.38	.490
29	.73	.446	61	.85	.360
30	.10	.303	62	.60	.494
31	.08	.279	63	.90	.303
32	.23	.427	TOTAL	.54	.196

Anexo 3.4: Medias de cada una de las situaciones cuando la han visto en otras personas (OTRO), en función del género. (ANOVA por sexo para cada situación) * $p = .05$ ** $p = .01$)

SITUACION	OTRO		SITUACION	OTRO	
	Hombre	Mujer		Hombre	Mujer
1*	0.77	0.5	33**	0.3	0.73
2	0.83	0.83	34	0.4	0.33
3	0.37	0.37	35	0.43	0.4
4	0.6	0.63	36	0.5	0.67
5	0.73	0.73	37	0.4	0.2
6	0.8	0.57	38*	0.3	0.6
7*	0.87	0.6	39	0.33	0.33
8	0.3	0.37	40	0.77	0.53
9	0.83	0.73	41	0.47	0.4
10**	0.87	0.4	42*	0.93	0.7
11	0.6	0.5	43	0.57	0.5
12	0.2	0.27	44	0.4	0.23
13	0.73	0.73	45	0.83	0.73
14	0.83	0.87	46	0.63	0.63
15	0.83	0.63	47	0.07	0.1
16	0.9	0.73	48**	0.7	0.3
17	0.47	0.33	49	0.53	0.67
18	0.47	0.63	50	0.5	0.47
19	0.7	0.77	51	0.37	0.37
20	0.77	0.87	52	0.07	0.07
21	0.67	0.43	53	0	0.1
22	0.43	0.3	54	0.53	0.63
23	0.8	0.87	55	0.67	0.8
24	0.73	0.73	56	0.77	0.87
25	0.67	0.53	57*	0.87	0.6
26	0.57	0.4	58	0.27	0.37
27	0.73	0.57	59	0.1	0.23
28*	0.67	0.9	60	0.5	0.27
29	0.7	0.77	61	0.93	0.77
30	0.1	0.1	62	0.6	0.6
31	0.07	0.1	63	0.87	0.93
32	0.13	0.33			

Anexo 3.5: Puntuaciones medias y desviaciones típicas en cada una de las situaciones respecto a las elecciones peligrosas.

SITUACION	OPCIÓN PELIGROSA		SITUACION	OPCIÓN PELIGROSA	
	M	DT		M	DT
1	3.07	.899	33	2.88	.825
2	3.18	.748	34	1.52	1.066
3	1.97	.938	35	3.22	.761
4	1.88	1.151	36	3.07	.918
5	2.48	.911	37	3.20	.798
6	3.33	.857	38	2.88	.885
7	3.23	.767	39	2.47	1.081
8	3.60	.694	40	3.52	.725
9	3.58	.561	41	3.40	.785
10	3.70	.591	42	2.55	.811
11	3.53	.769	43	1.30	1.062
12	2.65	.880	44	2.70	1.197
13	2.02	.965	45	2.98	.770
14	2.27	.989	46	3.65	.547
15	3.12	.715	47	3.05	.999
16	2.93	.989	48	3.32	.624
17	2.95	.910	49	3.85	.360
18	2.32	1.049	50	3.57	.767
19	3.72	.555	51	2.50	.873
20	2.73	1.133	52	3.57	.621
21	3.47	.769	53	3.52	.770
22	1.48	1.112	54	3.15	.971
23	2.75	.985	55	2.12	1.091
24	3.48	.748	56	2.00	1.105
25	3.67	.705	57	2.23	.963
26	3.28	.865	58	3.00	.883
27	2.57	.963	59	2.97	1.057
28	2.52	1.097	60	3.13	1.033
29	2.63	.901	61	2.12	.993
30	2.95	.928	62	2.18	1.269
31	2.77	.767	63	1.28	.940
32	2.47	.911	TOTAL	2.84	.481

Anexo 3.6: Puntuaciones medias y desviaciones típicas en cada una de las situaciones respecto a las elecciones peligrosas, en función del género (ANOVA por sexo para cada situación) * P= .05 ** P=.01

SITUACION	OPCION PELIGROSA		SITUACION	OPCION PELIGROSA	
	Chico	Chica		Chico	Chica
1	2.9	3.23	33	2.83	2.93
2	3.37	3	34	1.43	1.6
3	1.87	2.07	35	3.33	3.1
4**	1.43	2.33	36*	2.83	3.3
5	2.3	2.67	37	3.17	3.23
6	3.37	3.3	38	2.97	2.8
7	3.13	3.33	39**	2	2.93
8	3.53	3.67	40*	3.3	3.73
9	3.53	3.63	41	3.27	3.53
10	3.73	3.67	42	2.63	2.47
11	3.47	3.6	43	1.37	1.23
12	2.7	2.6	44**	2.3	3.1
13	2.13	1.9	45	2.83	3.13
14	2.33	2.2	46	3.6	3.7
15	3.13	3.1	47*	3.37	2.73
16	2.97	2.9	48	3.37	3.27
17	3.03	2.87	49	3.93	3.77
18*	2.63	2	50	3.5	3.63
19	3.67	3.77	51	2.43	2.57
20	2.57	2.9	52	3.5	3.63
21	3.47	3.47	53*	3.73	3.3
22	1.7	1.27	54	3.27	3.03
23	2.67	2.83	55	2.17	2.07
24	3.57	3.4	56*	2.3	1.7
25	3.7	3.63	57	2.3	2.17
26	3.23	3.33	58	3.17	2.83
27	2.5	2.63	59	3.17	2.77
28	2.53	2.5	60	3.23	3.03
29	2.53	2.73	61	2.1	2.13
30	3	2.9	62**	1.67	2.7
31	2.7	2.83	63	1.3	1.27
32	2.63	2.3			

Anexo 3.7: Puntuaciones medias en cada una de las situaciones respecto a las OPCIONES seguras

SITUACION	OPCION SEGURA		SITUACION	OPCION SEGURA	
	M	DT		M	DT
1	.38	.555	33	.47	.623
2	.62	.846	34	.58	.869
3	.43	.831	35	.90	.796
4	.60	.942	36	.27	.548
5	.57	.890	37	.30	.497
6	.48	.725	38	.35	.547
7	.63	.663	39	.35	.633
8	.95	.891	40	.35	.577
9	.50	.813	41	.47	.596
10	.23	.563	42	.37	.581
11	.93	.841	43	.75	1.002
12	.63	.780	44	.72	.846
13	.17	.457	45	1.32	.892
14	.80	.755	46	.50	.676
15	.85	.732	47	.62	.904
16	.48	.596	48	1.00	.939
17	.53	.566	49	.28	.490
18	.18	.431	50	.40	.558
19	.45	.675	51	.73	.756
20	1.62	1.180	52	.25	.628
21	.58	.591	53	1.02	1.017
22	.17	.418	54	.68	.911
23	.62	.666	55	.30	.591
24	.30	.619	56	.30	.497
25	.48	.676	57	1.03	1.089
26	.50	.725	58	.23	.465
27	.93	.778	59	.82	.911
28	.75	.795	60	.33	.475
29	1.52	1.127	61	.23	.533
30	.23	.465	62	.57	.927
31	.62	.715	63	.25	.773
32	.48	.596	TOTAL	.57	.374

Anexo 3.8: Puntuaciones medias en cada una de las situaciones respecto a las OPCIONES SEGURAS , en función del género. (Anova por genero para cada situación) * P= .05 ** P=.01)

SITUACION	OPCION SEGURA		SITUACION	OPCION SEGURA	
	Hombre	Mujer		Hombre	Mujer
1	0.4	0.37	33	0.47	0.47
2	0.67	0.57	34	0.8	0.37
3	0.43	0.43	35	0.9	0.9
4	0.8	0.4	36	0.33	0.2
5	0.63	0.5	37	0.33	0.27
6	0.57	0.4	38	0.33	0.37
7	0.63	0.63	39	0.37	0.33
8	0.97	0.93	40	0.43	0.27
9	0.57	0.43	41	0.47	0.47
10	0.37	0.1	42*	0.53	0.2
11	1	0.87	43*	1.03	0.47
12	0.8	0.47	44	0.7	0.73
13	0.2	0.13	45	1.37	1.27
14	0.63	0.97	46*	0.7	0.3
15	0.93	0.77	47	0.83	0.4
16	0.63	0.33	48	1.17	0.83
17	0.6	0.47	49	0.3	0.27
18	0.23	0.13	50	0.37	0.43
19*	0.67	0.23	51	0.8	0.67
20	1.63	1.6	52	0.33	0.17
21	0.63	0.53	53	1.17	0.87
22	0.17	0.17	54	0.83	0.53
23	0.53	0.7	55	0.37	0.23
24	0.37	0.23	56	0.37	0.23
25	0.37	0.6	57	1.17	0.9
26	0.53	0.47	58	0.13	0.33
27	0.9	0.97	59	0.87	0.77
28	0.87	0.63	60	0.43	0.23
29	1.47	1.57	61	0.27	0.2
30	0.27	0.2	62	0.73	0.4
31	0.67	0.57	63	0.27	0.23
32*	0.67	0.3			

Anexo 3.9: Lista de situaciones seleccionadas, con la vivencia de las situaciones tanto en primera persona como observada en los otros y la evaluación de la opción peligrosa y segura en cada situación.

SITUACION	VIVENCIA DE LAS SITUACIONES			OPCIONES	
	TU	OTRO	TU+OTRO	Peligrosa	Segura
	.40	.54	.47	2.84	.57
1 (G)	.23	.63	.43	3.07	.38
2	.70	.83	.77	3.18	.62
3	.18	.37	.28	1.97	.43
4(R)	.38	.62	.50	1.88	.60
5	.60	.73	.67	2.48	.57
6	.30	.68	.49	3.33	.48
7 (G)	.62	.73	.68	3.23	.63
8	.20	.33	.27	3.60	.95
9 (G)	.47	.78	.63	3.58	.50
10 (G)	.45	.63	.54	3.70	.23
11	.40	.55	.48	3.53	.93
12	.18	.23	.21	2.65	.63
13 (R)	.65	.73	.69	2.02	.17
14 (R)	.45	.85	.65	2.27	.80
15	.52	.73	.63	3.12	.85
16	.73	.82	.78	2.93	.48
17	.27	.40	.34	2.95	.53
18(R)	.48	.55	.52	2.32	.18
19	.47	.73	.60	3.72	.45
20(R)	.60	.82	.71	2.73	1.62
21	.28	.55	.42	3.47	.58
22(R)	.37	.37	.37	1.48	.17
23	.90	.83	.87	2.75	.62
24	.57	.73	.65	3.48	.30
25	.25	.60	.43	3.67	.48
26	.10	.48	.29	3.28	.50
27 (G)	.47	.65	.56	2.57	.93
28 (G)	.72	.78	.75	2.52	.75
29(R)	.68	.73	.71	2.63	1.52
30	.07	.10	.09	2.95	.23
31	.03	.08	.06	2.77	.62
32	.12	.23	.18	2.47	.48

33 (G)	.27	.52	.40	2.88	.47
34	.10	.37	.24	1.52	.58
35	.20	.42	.31	3.22	.90
36	.63	.58	.61	3.07	.27
37	.22	.30	.26	3.20	.30
38	.57	.45	.51	2.88	.35
39 (G)	.28	.33	.31	2.47	.35
40	.62	.65	.64	3.52	.35
41	.50	.43	.47	3.40	.47
42	.82	.82*	.82	2.55	.37
43(R)	.45	.53	.49	1.30	.75
44	.07	.32	.20	2.70	.72
45	.67	.78	.73	2.98	.81
46	.45	.63	.54	3.65	.50
47	.05	.08	.07	3.05	.62
48 (G)	.20	.50	.35	3.32	1.00
49	.27	.60	.44	3.85	.28
50	.12	.48	.30	3.57	.40
51	.32	.37	.35	2.50	.73
52	.03	.07	.05	3.57	.25
53	.00	.05	.03	3.52	1.02
54	.32	.58	.45	3.15	.68
55	.57	.73	.65	2.38	.30
56(R)	.68	.82	.75	2.00	.30
57 (G)	.58	.73	.66	2.23	1.03
58	.30	.32	.31	3.00	.23
59	.05	.17	.11	2.97	.82
60	.28	.38	.33	3.13	.33
61	.88	.85	.87	2.36	.23
62(R)	.43	.60	.52	2.1	.57
63(R)	.88	.90	.89	1.28	.25

Leyenda:

- **Color Gris: Situaciones aceptadas que cumplen todos los criterios:** Son vivenciadas, sus opciones estaban bien diferenciadas y no existen diferencias de género. Total 29 situaciones

- **Color Gris con (R): Situaciones aceptadas pero que necesitaron reajustarlas para diferenciar más las opciones:** Son vivenciadas, no existen diferencias de género, pero reajustamos las opciones para diferenciar un poco más los cursos de acción posibles. Total 11 situaciones
- **Color Blanco:** Situaciones eliminadas por incumplir los criterios: Son situaciones que no son muy frecuentes y no se han visto implicados lo suficiente. Además, pueden venir acompañadas de una mala distinción entre la elección de peligrosa y la elección segura. Total 13 situaciones.
- **Color Blanco con (G):** Situaciones eliminadas por estar sesgadas de género: Son situaciones donde hemos observado a través de un Anova por género que existen diferencias significativa en la vivencia de la mismas y las opciones que eligen, entre chicos y chicas. Total 10 situaciones.

Anexo 3.10: Puntuaciones medias en el porcentaje de elección de ambas opciones y la evaluación del grado de riesgo de ambas opciones en cada una de las situaciones ambiguas.

SITUACION	PORCENTAJE DE ELECCION		EVALUACION GRADO DE RIESGO	
	A	B	A	B
	51	49	44	43
1	35	65	42	42
2	71*	29*	48	58
3	67	33	44	40
4	54	46	44	46
5	42	58	37	29
6	35	65	42	42
7 (E)	53	47	58	54
8	67	33	48	35
9	35	65	44	46
10	17*	83*	37	33
11	31	69	37	42
12 (E)	67	33	62	63
13	67	33	48	40
14	53	47	44	46
15	56	44	42	33
16	35	65	42	42
17	56	44	48	50
18	67	33	44	35
19	42	58	40	46
20	35	65	42	33
21	35	65	42	37
22	71*	29*	58	54
23	42	58	44	35
24 (E)	67	33	44	42
25	39	61	42	33
26	42	58	42	51
27 (E)	54	46	62	63
28	67	33	48	40
29	65	35	44	46
30	17*	83*	37	33
31	35	65	37	42
32 (E)	67	33	56	63
33	60	40	48	40

34	67	33	44	46
35	54	46	42	33
36	42	58	42	42
37 (E)	60	40	62	63
38	54	46	48	40
39	42	58	40	46
40	35	65	37	33
41	35	65	42	42
42	42	58	48	50
43	67	33	48	40
44	53	47	35	42
45	17*	83*	33	33
46	35	65	37	42
47	56	44	37	46
48	67	33	48	40
49	60	40	44	46
50	17*	83*	33	29
51	33	67	42	42
52 (E)	56	44	62	58
53	67	33	48	40
54	42	58	44	46
55	45	55	42	33
56	35	65	42	42
57 (E)	45	55	52	58
58	67	33	48	40
59	42	58	44	46
60	45	55	42	33
61	35	65	42	42
62 (E)	56	44	52	58
63	67	33	44	46
64	60	40	44	46
65	35	65	37	33

***La diferencia es significativa con una $p < .05$**

Leyenda:

- **Color Gris: Situaciones aceptadas que cumplen todos los criterios:** Son situaciones que su porcentaje de elección está equilibrado y no hay diferencia

significativa, y su evaluación de riesgosisdad de las opciones son poco arriesgadas y no hay diferencia entre sus puntuaciones. Total 50 situaciones.

- **Color Blanco:** Situaciones eliminadas por incumplir los criterios: Son situaciones que su porcentaje de elección esta desequilibrado y hay diferencias significativas. Total 11 situaciones.
- **Color Blanco con (E):** Situaciones eliminadas para ajustar el número de ítems en el paradigma: Son situaciones que cumplían que todos los requisitos para ser incluidas, pero que hemos descartado en base a que tenían las mayores puntuaciones en la evaluación de riesgosisdad de sus opciones. Total 4 situaciones.

Anexo 3.11: Puntuaciones medias obtenidas en cada una de las consecuencias.

M	DT	M	DT	M	DT	M	DT
7.61	0.37	1.71	0.42	1.8	0.53	7.83	0.47
Version 1 (Riesgo – Positivas)		Version 2 (Riesgo – Negativas)		Version 3 (Neutras Negativas)		Version 4 (Neutras – Positivas)	
C3_ripo64	9.60	C1_rini64	.43	C1_neni11	.50	C1_nepo32	9.37
C1_ripo54	9.60	C2_rini10	.60	C4_neni39	.60	C1_nepo35	9.27
C4_ripo24	9.53	C4_rini31	.63	C1_neni55	.67	C4_nepo38	9.20
C4_ripo29	9.47	C4_rini40	.67	C2_neni14	.77	C1_nepo28	9.13
C3_ripo9	9.40	C2_rini25	.67	C4_neni24	.80	C2_nepo10	9.10
C1_ripo46	9.27	C2_rini45	.70	C2_neni38	.83	C1_nepo37	9.07
C1_ripo14	9.27	C2_rini44	.73	C1_neni16	.90	C3_nepo24	9.07
C2_ripo4	9.23	C4_rini7	.73	C4_neni23	.93	C2_nepo25	9.00
C1_ripo35	8.97	C1_rini4	.73	C2_neni7	.97	C3_nepo33	8.93
C4_ripo10	8.90	C3_rini23	.80	C1_neni62	1.03	C2_nepo8	8.83
C1_ripo39	8.83	C3_rini39	.83	C2_neni47	1.03	C4_nepo31	8.77
C4_ripo31	8.80	C2_rini16	.90	C3_neni48	1.07	C4_nepo21	8.73
C4_ripo40	8.70	C2_rini61	.93	C1_neni22	1.10	C3_nepo40	8.63
C4_ripo20	8.63	C3_rini9	.97	C2_neni17	1.13	C4_nepo61	8.60
C3_ripo19	8.60	C4_rini27	1.00	C3_neni53	1.20	C4_nepo2	8.57
C3_ripo60	8.60	C3_rini50	1.10	C4_neni10	1.20	C1_nepo49	8.50
C3_ripo22	8.50	C2_rini26	1.13	C4_neni44	1.20	C1_nepo57	8.50
C1_ripo13	8.47	C1_rini2	1.13	C3_neni27	1.23	C2_nepo14	8.50
C1_ripo23	8.43	C1_rini57	1.17	C4_neni1	1.27	C3_nepo20	8.40
C4_ripo62	8.30	C1_rini17	1.20	C2_neni63	1.37	C3_nepo42	8.33
C2_ripo52	8.30	C1_rini6	1.23	C2_neni58	1.40	C1_nepo59	8.30
C2_ripo61	8.13	C1_rini21	1.23	C3_neni61	1.43	C4_nepo58	8.30
C2_ripo47	8.10	C1_rini48	1.23	C1_neni6	1.50	C2_nepo17	8.27
C1_ripo63	8.07	C3_rini53	1.27	C3_neni52	1.63	C3_nepo44	8.20
C4_ripo50	8.07	C2_rini56	1.27	C3_neni49	1.67	C2_nepo22	8.17
C2_ripo32	8.00	C3_rini12	1.27	C1_neni30	1.70	C1_nepo5	8.07
C2_ripo45	8.00	C4_rini30	1.30	C2_neni8	1.73	C4_nepo50	8.00
C1_ripo2	7.97	C1_rini47	1.30	C1_neni40	1.80	C1_nepo55	8.00
C2_ripo26	7.93	C4_rini37	1.30	C2_neni33	1.80	C4_nepo30	7.93
C2_ripo30	7.90	C2_rini8	1.37	C4_neni57	1.80	C1_nepo63	7.90
C1_ripo17	7.90	C3_rini52	1.37	C1_neni32	1.83	C1_nepo41	7.90
C4_ripo42	7.90	C4_rini11	1.37	C4_neni20	1.87	C1_nepo4	7.83
C4_ripo7	7.83	C3_rini60	1.40	C1_neni35	1.90	C4_nepo11	7.77
C4_ripo33	7.80	C3_rini49	1.47	C4_neni2	1.90	C2_nepo16	7.73
C2_ripo57	7.73	C2_rini1	1.57	C1_neni60	1.93	C1_nepo13	7.70
C3_ripo58	7.73	C3_rini59	1.57	C1_neni3	1.93	C3_nepo29	7.70

C2_ripo55	7.70	C1_rini35	1.60	C3_neni64	1.97	C4_nepo7	7.67
C2_ripo41	7.67	C4_rini41	1.67	C3_neni19	1.97	C2_nepo36	7.63
C3_ripo48	7.63	C4_rini24	1.67	C2_neni56	1.97	C3_nepo46	7.63
C3_ripo36	7.50	C4_rini20	1.70	C3_neni29	2.03	C4_nepo54	7.60
C3_ripo37	7.47	C3_rini15	1.70	C1_neni34	2.07	C4_nepo9	7.57
C2_ripo5	7.47	C2_rini3	1.70	C3_neni21	2.07	C4_nepo1	7.40
C1_ripo28	7.37	C4_rini34	1.77	C3_neni37	2.10	C4_nepo62	7.40
C1_ripo_6	7.37	C1_rini32	1.77	C4_neni9	2.13	C3_nepo23	7.33
C2_ripo12	7.30	C3_rini38	1.77	C2_neni41	2.13	C2_nepo64	7.30
C4_ripo38	7.10	C2_rini28	1.83	C4_neni12	2.17	C1_nepo51	7.27
C4_ripo51	7.00	C2_rini33	1.83	C4_neni15	2.17	C2_nepo34	7.27
C2_ripo18	6.93	C4_rini13	1.87	C2_neni46	2.27	C2_nepo43	7.27
C4_ripo59	6.83	C3_rini55	2.00	C2_neni28	2.27	C3_nepo26	7.23
C3_ripo53	6.77	C4_rini54	2.00	C3_neni50	2.30	C3_nepo15	7.17
C2_ripo34	6.70	C4_rini22	2.10	C4_neni36	2.33	C2_nepo12	7.17
C4_ripo43	6.57	C1_rini19	2.23	C4_neni13	2.33	C3_nepo19	7.13
C4_ripo11	6.50	C2_rini62	2.27	C3_neni31	2.47	C2_nepo47	7.10
C3_ripo16	6.20	C3_rini46	2.34	C4_neni18	2.47	C3_nepo53	7.03
C3_ripo44	6.07	C3_rini14	2.40	C2_neni59	2.57	C4_nepo52	6.97
C2_ripo25	5.97	C3_rini29	2.40	C1_neni51	2.60	C3_nepo45	6.93
C1_ripo27	5.90	C1_rini18	2.53	C3_neni43	2.67	C2_nepo39	6.80
C3_ripo3	5.80	C1_rini51	2.57	C4_neni4	2.80	C1_nepo48	6.80
C1_ripo21	5.67	C1_rini58	2.60	C2_neni42	3.13	C4_nepo18	6.73
C3_ripo8	5.33	C4_rini36	2.67	C1_neni54	3.30	C3_nepo60	6.60
C3_ripo56	5.03	C1_rini5	2.77	C2_neni5	3.80	C2_nepo6	6.53
C1_ripo1	4.77	C4_rini42	2.77	C1_neni45	4.50	C3_nepo3	6.40
C1_ripo49	4.43	C2_rini63	2.80	C3_neni26	4.67	C2_nepo56	6.40
C3_ripo15	3.80	C2_rini43	2.83	C3_neni25	5.17	C1_nepo27	5.00

Leyenda:

- **Color Gris:** Las consecuencias que fueron evaluados de forma coherente con su positividad o negatividad y reúnen los criterios establecidos.
- **Color Blanco:** Las consecuencias que fueron eliminadas por no reunir los criterios establecidos.

Anexo 3.12: Listado final de Ítems utilizados en la tarea una vez realizados todos los estudios normativos.

Ítems con situaciones de riesgo

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Estas en casa de tu amigo preparándote para salir de fiesta, pero te has olvidado de la cuchilla de afeitar. (18)	Pe	Te afeitas con la cuchilla de tu amigo.	N	Te haces varios cortes en la cara y no puedes salir de fiesta.
			P	Estas guapo y tus amigas te dicen que tienes una cara muy bonita.
	Se	Compras una cuchilla en el supermercado.	P	Estas guapo y tus amigas te dicen que tienes una cara muy bonita.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Estas muerto de sueño después de pasar una noche de fiesta increíble con tu pareja y decides volver a casa (23)	Pe	Conduces tu coche	N	Te sales de la carretera porque te has quedado dormido y te lesionas el cuello.
			P	Llegas a casa sintiéndote un maquina por lo bien que lo has pasado.
	Se	Coges un taxi	P	Llegas a casa sintiéndote un maquina por lo bien que lo has pasado.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Estas solo con tu hermano en casa y ambos se ponen enfermos, y te encuentras un medicamento que te suena. (38)	Pe	Se toman el medicamento.	N	El medicamento te provoca dolor de estómago intenso y te encuentras peor.
			P	Te recuperas rápidamente y puedes salir de fiesta para la discoteca con tus amigos.
	Se	Vas a la farmacia	P	Te recuperas rápidamente y puedes salir de fiesta para la discoteca con tus amigos.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Tu amigo y tú llevan todo el día jugando al ordenador, son las 6 y les llaman para jugar a voleibol. (43)	Pe	Animas a tu amigo a quedar los dos con el PC.	N	Al llevar tanto tiempo sentado, comienzas a tener un dolor intenso en la espalda.
			P	Conoces a una chica muy simpática en un chat y quedas para conocerla.
	Se	Animas a tu amigo a ir los dos a jugar.	P	Conoces a una chica muy simpática en la cancha y quedas para tomarte algo.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Tienes 38 de fiebre y estas descompuesto, cuando tus amigos te llaman para ir al monte en busca de nieve. (58)	Pe	Te apuntas a buscar nieve.	N	Se dispara la fiebre y tienen que pincharte en el centro de salud.
			P	Te diviertes mucho con tus amigos haciendo un muñeco de nieve.
	Se	Te quedas en casa.	P	Te diviertes mucho viendo varias pelis en tu habitación.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Vas a la piscina con unos amigos y observan que el agua está muy sucia por falta de cloro. (61)	Pe	Les animas a meterse contigo en la piscina	N	Después del baño coges una infección de hongos en toda la piel.
			P	Después del baño te das una buena ducha y te sientes totalmente limpio.
	Se	Les animas a ir contigo a la playa.	P	Después del baño te das una buena ducha y te sientes muy bien.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Tus amigos y tu han quedado para salir después del entrenamiento, van a la ducha y la ven algo sucia. (68)	Pe	Les animas a meterse en la ducha	N	Después de la ducha coges una infección de hongos en toda la piel.
			P	Te sientes totalmente limpio y tienes ganas de pasártelo bien.
	Se	Les animas a quedar otro día para salir.	P	Te quedas contento porque tienes compañía para la próxima fiesta.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Estas con tus amigos de fiesta, son las seis de mañana y te plantean el irte para casa.(73)	Pe	Les animas a seguir contigo a tope.	N	Empiezas a sentirte mareado y te desmayas en medio de la pista.
			P	Te diviertes cada vez más y conoces a una chica muy guapa.
	Se	Decides irte a dormir.	P	Te levantas fresco y aprovechas el domingo para ir a la playa.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Tu hermano y tu están muy cansados porque no han dormido velando un duelo y quieres ir a casa a descansar. (78)	Pe	Conduces tu moto.	N	Te sales de la carretera porque te has quedado dormido y te lesionas el cuello.
			P	Llegas a casa rápidamente y te sientes bien por poder descansar lo antes posible.
	Se	Coges un taxi	P	Llegas a casa rápidamente y te sientes bien por poder descansar lo antes posible.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Es fin de año y quieres hablar con la chica que te gusta, pero temes que tu timidez te bloquee.(5)	Pe	Te pones a beber copas.	N	Terminas borracho y te rompes un diente al caer por una escalera.
			P	Acabas alegre y desinhibido y la chica se divierte mucho contigo.
	Se	Intentas ser tú mismo con naturalidad.	P	Consigues despertar la simpatía de la chica y quedas para salir con ella.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Estas de botellón con tus amigos y te proponen un concurso para ver quien se bebe un litro de golpe. (20)	Pe	Convences a tu mejor amigo para participar los dos.	N	Te mareas y acabas caído en el suelo con una bajada de tensión.
			P	Ganas el concurso y te muestras como un chico muy divertido.
	Se	Convences a tu mejor amigo para irse a la discoteca.	P	Te diviertes más que nunca y hablas con una chica muy especial.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Estas con tu amigo y los dos tienen problemas con sus padres; un chico les ofrece marihuana para sentirse mejor.(15)	Pe	Compras marihuana para los dos.	N	Empiezas a sentir mareos, vomitas y tienes que ir al médico.
			P	Te quedas relajadísimo y te olvidas de los problemas, disfrutando del momento.
	Se	Decides ir a jugar un partido de voleibol	P	Después de sudar la camiseta, te quedas relajadísimo y te olvidas de los problemas.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Es sábado por la noche y sales con tu amigo a pasar una noche de juerga y tú conduces la moto. (25)	Pe	Bebes a tope toda la noche.	N	A la vuelta tienes un accidente de moto y resultas con heridas graves.
			P	Regresas a casa y consigues que tus padres no se enteren de que has bebido.
	Se	Decides beber sin alcohol.	P	Vuelves a casa sin novedad y te pones a dormir tranquilamente.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Tu amigo y tú se reúnen en tu casa para preparar un examen muy importante durante toda la noche. (35)	Pe	Compras pastillas estimulantes para los dos.	N	Después de tomarlas, sientes tu corazón acelerado y también sensación de asfixia.
			P	Después de tomarlas, notas que te concentras muy bien y se te queda todo.
	Se	Haces café para los dos.	P	Después de tomar el café, notas que te concentras muy bien y se te queda todo.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Vas al baño de la discoteca con un amigo y ves a un colega que te ofrece una raya de cocaína. (40)	Pe	Compras para ti y para tu amigo.	N	Sientes que tienes fiebre, que se dispara el corazón y terminas vomitando.
			P	Te da un subidón y te lo pasas genial el resto de la noche.
	Se	Le dices que no te interesa	P	En la pista de baile, bailas con una chica muy guapa y te "enrollas" con

				ella.
--	--	--	--	-------

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Estas de botellón con unos amigos, y se les ocurre que mezclando varias bebidas el alcohol se sube más rápido. (45)	Pe	Preparas una mezcla y la sirves a todos.	N	Después de tomar un vaso, te llevan a urgencias con un coma etílico.
			P	Después de tomar un vaso, enseguida te sientes chisposo y divertido.
	Se	Repartes refresco para todos.	P	Conoces a un grupo de chicas que les invitan a tomar una copa gratis.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Tú y tu amigo están mal de dinero, y un conocido les ofrece vender droga, para sacarse un dinero extra. (50)	Pe	Vendes la droga con tu amigo.	N	La policía te pilla y tienes un juicio por un delito contra la salud pública.
			P	Sacas el dinero suficiente para comprarte lo que quieres o irte de vacaciones.
	Se	Te pones a currar en un supermercado los fines de semana.	P	Después de un año ahorrando mucho dinero, puedes pagarte un viaje paradisiaco al caribe.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Es la hora del recreo y cuando estas en el patio un desconocido se acerca y te ofrece unos porros. (55)	Pe	Fumas compartiéndolo con un amigo	N	Te pilla el jefe de estudios y llama a tus padres pues quiere expulsarte.
			P	Encuentras la experiencia muy interesante y consigues que nadie te descubra.
	Se	Le dices que se largue de allí	P	Juegas al baloncesto con tus amigos y te alegras de no ser un fumado.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Un amigo organiza una fiesta de cumpleaños en una finca y ha comprado setas alucinógenas para vivir una experiencia diferente. (60)	Pe	Animas a otro amigo a probar juntos las setas.	N	Tienes alucinaciones de pesadilla y sientes que estás a punto de volverte loco.
			P	Vives una experiencia muy estimulante para tus sentidos y te sientes bien.
	Se	Animas a otro amigo a asar juntos la carne.	P	Te queda una carne deliciosa y todos te felicitan y quieren repetir.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Estas en la barra de la discoteca y el camarero te ofrece 2 chupitos de tequila por el precio de uno. (63)	Pe	Compras los chupitos e invitas a tu amigo.	N	Te sube el alcohol a la cabeza y tienes que ir al baño a vomitar.
			P	Te da el puntito que te faltaba para sacar a bailar a una chica.
	Se	Compras cerveza sin alcohol e invitas a tu amigo.	P	Disfrutas mucho y al día siguiente te sientes fresco para ir a la playa.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Un amigo tuyo te dice que si le puedes alcanzar a su casa en tu moto, pero solo tienes un casco. (6)	Pe	Lo llevas a la casa sin casco.	N	La moto se resbala y tú sufres un fuerte golpe en la pierna.
			P	Tu amigo te lo agradece mucho y para compensarte te invita a ir al cine.
	Se	Le dices que coja la guagua.	P	Una amiga te escucha y valora positivamente que hayas tomado esa decisión.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Estas con tu moto y un amigo no para de picarte las luces para decirte que vayas más rápido aun.(11)	Pe	Aceleras a tope.	N	Chocas contra tu amigo y eso te hace caer rodando hasta una huerta.
			P	Ganas la carrera a tu amigo y te felicita por ser más atrevido.
	Se	Frenas para que te adelante.	P	Conduces tranquilamente mientras piensas lo que harás el fin de

				semana.
--	--	--	--	---------

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Estas con tus amigos en la playa y deciden ir a lo alto de una roca para tirarse al mar. (16)	Pe	Te tiras al mar.	N	Te golpeas contra el fondo y te partes un brazo.
			P	Te da un subidón increíble y solo piensas en repetir.
	Se	Bajas hacia la playa.	P	La chica que te gusta te acompaña en el paseo hacia la playa.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Tu grupo sale de fiesta en 2 motos, tú conduces una llevando a tu novia y hablan de echar una carrera. (21)	Pe	Aceleras rápidamente.	N	Tienes un accidente en el que resultas herido de gravedad.
			P	Eres el primero en llegar y tu novia te felicita por ello.
	Se	Conduces tranquilo y sin prisa.	P	A pesar de todo coges un atajo y llegas el primero.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Estas paseando con tu moto nueva por la Avenida principal, cuando de repente ves a un amigo saludándote. (26)	Pe	Haces "el caballito" con la moto.	N	Pierdes el control de la moto, te estrellas y resultas herido.
			P	Se acerca una chica muy guapa toda emocionada que quiere conocerte.
	Se	Te paras para hablar con él	P	Tu amigo te da una entrada para un concierto de rock el fin de semana.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Vas para el supermercado con tu bici y cuando vas a cruzar el tranvía el semáforo se pone en rojo. (36)	Pe	Cruzas rápidamente la vía.	N	El tranvía da un frenazo y tú resbalas rompiéndote un brazo.
			P	Unas chicas te estaban mirando y te aplauden por lo hábil que has sido.
	Se	Esperas a que se ponga en verde.	P	La chica que te gusta va en el tranvía y te saluda al pasar.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Estás con unos amigos en la entrada de una cueva y ven un cartel que dice: "Peligro. Prohibido entrar". (41)	Pe	Animas a tus amigos a entrar.	N	Se desprende una piedra y te cae encima de una pierna.
			P	La cueva es preciosa y te sientes como un gran explorador.
	Se	Decides darte la vuelta.	P	Pasas un día muy divertido con tus amigos en la playa.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Estas conduciendo tu moto a toda velocidad, y suena tu móvil que llevas en el bolsillo de la chaqueta. (46)	Pe	Coges la llamada.	N	Te despistas por estar hablando y te resbalas contra una valla.
			P	Te dicen que has aprobado la asignatura que te quedaba.
	Se	Continuas conduciendo.	P	Luego te enteras de que era una llamada sin importancia.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Tu amigo y tú llegan tarde a una cita y para acortar camino podrían saltar un muro de 2 metros. (51)	Pe	Propones saltar el muro	N	Trepan con facilidad, pero al bajar te caes y te haces un esguince.
			P	Gracias al salto llegan puntuales a la cita y eso les agrada a las chicas.
	Se	Propones dar un rodeo de 1 km.	P	Tú y tu amigo se encuentran a las chicas por el camino y se van juntos.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Tienes tu mesa de estudio desordenada y estas con un amigo haciendo limpieza de los papeles viejos de cursos anteriores. (56)	Pe	Quemas los papeles en tu papelera.	N	Se salta una brasa y se prende fuego la cortina del salón.
			P	Tu padre te agradece que hayas recogido tu cuarto y tengas todo más ordenado.
	Se	Los echas en bolsas de basura.	P	Pasan un rato entretenido bromeando mientras llenan 5 bolsas de papeles.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Estas con tus amigos en la piscina y deciden ir al trampolín de 8 metros para tirarse al agua. (66)	Pe	Te tiras al agua.	N	Te golpeas contra el fondo de la piscina y te partes una pierna.
			P	Has aprendido una nueva forma de tirarte super emocionante.
	Se	Te compras un helado.	P	La chica que te gusta te acompaña a comprar los helados.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Vas con un amigo a coger olas y cuando llegas a la playa observas que el mar está muy malo. (2)	Pe	Te lanzas al agua.	N	No puedes salir y tienen que rescatarte para que no te ahogues.
			P	Disfrutas con el subidón de adrenalina que da coger olas espectaculares.
	Se	Te pones a coger sol.	P	Te pones moreno y te luce muy bien la ropa blanca.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
En una excursión de escalada del instituto tus amigos te proponen escalar una pared distinta a la que hacen todos. (17)	Pe	Te vas con tus amigos.	N	No consigues sujetarte y entonces te caes partiéndote una pierna.
			P	Te sujetas bien a las rocas y eres el más rápido en subir la pared.
	Se	Te quedas con el resto de clase	P	Aprendes mucho con el monitor, que es una maquina escalando.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Tu amigo y tú hacen una ruta de seis horas en bici, y al volver tu vecino les propone jugar a voleibol. (22)	Pe	Retas a tu amigo con ganarle a Voleibol	N	Te llevan a urgencias porque has sufrido un desmayo por agotamiento.
			P	Te ve un entrenador jugando y te ofrece fichar por su equipo.
	Se	Decides quedarte en Casa	P	Esta tu primo con su Play 3 esperándote para echar una partida juntos.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Vas a jugar a balonmano con tus amigos, pero comienzas a tener la sensación de que tienes fiebre y escalofríos. (42)	Pe	Te pones jugar de todos modos.	N	Te pones más enfermo y tienen que pincharte para bajar la fiebre.
			P	A pesar de tener gripe juegas un gran partido y todos te felicitan.
	Se	Decides irte a casa.	P	Te curas rápidamente y el entrenador te pone de titular en el campeonato.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Vas con un amigo a hacer un descenso en bici y cuando llegas al monte comienza a llover fuerte. (67)	Pe	Le animas a descender contigo.	N	Se te entierra una rueda en el barro y te rompes la clavícula al caer.
			P	Disfrutas con la emoción de hacer un descenso espectacular a través de los árboles.
	Se	Le animas a refugiarse contigo.	P	Mientras esperan, disfrutas de una conversación muy interesante con tu amigo.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
En una excursión de rappel del instituto tus amigos te proponen rapelar una pared distinta a la que hacen todos. (72)	Pe	Te vas con tus amigos	N	No consigues sujetarte y te partes un brazo por caer desde 2 metros.
			P	Te deslizas por la cuerda con mucha técnica y rapelas toda la pared fácilmente.
	Se	Te quedas con el resto de clase	P	Aprendes mucho con el monitor de rappel, que es un maquina rapelando.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Vas a jugar a baloncesto con tus amigos, pero comienzas a tener la sensación de que estas enfermo.(77)	Pe	Juegas el partido de todos modos.	N	Te pones peor y en urgencias tienen que pincharte para bajar la fiebre.
			P	A pesar de tener gripe juegas un gran partido y todos te felicitan.
	Se	Regresas a casa.	P	Te curas rápidamente y el

				entrenador te pone de titular en el campeonato.
--	--	--	--	---

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Tu amigo y tú pasan seis horas jugando a futbol, y al volver tu vecino les propone salir con la bici. (82)	Pe	Retas a tu amigo con ganarle con la bici.	N	Te llevan a urgencias porque has sufrido un desmayo por agotamiento.
			P	Te ve un entrenador de ciclismo y te ofrece fichar por su equipo ciclista.
	Se	Decides quedarte en Casa	P	Esta tu primo con su Play 3 esperándote para echar una partida juntos.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
	Pe= Peligrosa: Se= Segura		N = negativa: P= Positiva	
Estas de fiesta a tope con tus amigos, miras el reloj y vez que son las 5 de la mañana. (13)	Pe	Les animas a seguir contigo 3 horas más.	N	Empiezas a sentirte mareado y te desmayas en medio de la pista.
			P	Te diviertes cada vez más y conoces a una chica muy guapa.
	Se	Decides irte a dormir.	P	Te levantas fresco y aprovechas el domingo para ir a la playa.

Ítems con situaciones ambiguas

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Han pedido unas zapatillas de deporte para la clase de educación física, así que vas con tu amigo a comprarlas. (3)	A	Te los compras Adidas	N	Mientras haces gimnasia pisas un clavo y se te infecta el pie derecho.
			P	Son muy chulas y tus compañeros no paran de preguntarte dónde las has comprado.
	B	Te los compras Nike.	N	Mientras haces gimnasia pisas un clavo y se te infecta el pie derecho.
			P	Son muy chulas y tus compañeros no paran de preguntarte dónde las has comprado.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Esta noche sales de fiesta y vas con tu hermano al centro comercial a comprarse cada uno una camisa chula. (4)	A	Compras una camisa negra.	N	Tropiezas con una piedra del suelo y al caer rompes la camisa nueva.
			P	Te sientes más guapo con la camisa puesta y notas que las chicas te miran.
	B	Compras una camisa blanca.	N	Tropiezas con una piedra del suelo y al caer rompes la camisa nueva.
			P	Te sientes más guapo con la camisa puesta y notas que las chicas te miran.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Estas con tu hermano en una tienda de informática porque tu padre quiere comprarles un portátil a cada uno. (7)	A	Tú eliges un Sony.	N	Ha salido defectuoso y un día explota la pantalla y te quema las manos.
			P	Estas encantado pues disfrutas de la conexión a internet y de los juegos.
	B	Tú eliges un Mac.	N	Ha salido defectuoso y un día explota la pantalla y te quema las manos.
			P	Estas encantado pues disfrutas de la conexión a internet y de los juegos.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Vas con un amigo a alquilar un traje para el baile de magos, y el dependiente les enseña varios trajes. (9)	A	Escoges el traje negro.	N	En medio de la fiesta te tropiezas y rompes el traje alquilado.
			P	Muchos amigos te dicen que estas muy guapo con el traje y consigues ligar mucho.
	B	Escoges el traje rojo	N	En medio de la fiesta te tropiezas y rompes el traje alquilado.
			P	Muchos amigos te dicen que estas muy guapo con el traje y consigues ligar mucho.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Es el día del padre y vas con tu amigo a una tienda para comprarle un regalo a tu padre. (11)	A	Eliges una corbata.	N	De pronto entra un atracador y te apunta con la pistola obligándote a echarte al suelo.
			P	Entra tu madre a la tienda, te felicita por tu elección y te ayuda a pagar el regalo.
	B	Eliges un sombrero.	N	De pronto entra un atracador y te apunta con la pistola obligándote a echarte al suelo.
			P	Entra tu madre a la tienda, te felicita por tu elección y te ayuda a pagar el regalo.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Sales a cenar con tus amigos a una pizzería famosa, y estas mirando la carta para elegir una pizza. (12)	A	Te comes una pizza Prosciutto.	N	La pizza estaba en mal estado y te ingresan en el hospital por intoxicación.
			P	Estaba buenísima y el camarero te regala un gran helado de postre.
	B	Te comes una pizza cuatro estaciones.	N	La pizza estaba en mal estado y te ingresan en el hospital por intoxicación.
			P	Estaba buenísima y el camarero te regala un gran helado de postre.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Estás en casa de un amigo, están hambrientos y les apetece merendar algo, así que se acercan a la nevera. (13)	A	Te comes un yogurt.	N	Estaba caducado y te salen sarpullidos en la piel con un picor insoportable.
			P	Estaba muy bueno y encima te llevas el premio que está debajo de la tapa.
	B	Te comes una natilla.	N	Estaba caducado y te salen sarpullidos en la piel con un picor insoportable.
			P	Estaba muy bueno y encima te llevas el premio que está debajo de la tapa.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Estas en casa y te llama tu pareja para quedar juntos, y a los dos les apetece pasear un rato.(14)	A	Dan un paseo por el parque.	N	Un doberman se ha escapado y te ataca, produciéndote graves heridas en un brazo.
			P	La tarde está muy agradable y disfrutan de una conversación muy divertida.
	B	Dan un paseo por la avenida.	N	Un doberman se ha escapado y te ataca, produciéndote graves heridas en un brazo.
			P	La tarde está muy agradable y disfrutan de una conversación muy divertida.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Es sábado y vas a ver una obra teatral con tu amigo, así que coges el tranvía para poder trasladarte. (19)	A	Compras un billete de ida y vuelta.	N	El tranvía da un frenazo brusco y te golpeas la cabeza contra un asiento haciéndote sangre.
			P	En el tranvía conocen a un grupo de chicas muy guapas que van al mismo teatro.
	B	Pagas con el bono.	N	El tranvía da un frenazo brusco y te golpeas la cabeza contra un asiento haciéndote sangre.
			P	En el tranvía conocen a un grupo de chicas muy guapas que van al mismo teatro.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Quedas con tus amigos para salir a pasear por el parque y como tienen hambre quieren comprar algo de "picar". (20)	A	Compras pipas.	N	Mientras paseas estalla una tormenta y cae una rama de un árbol golpeándote en el hombro.
			P	Mientras paseas disfrutas de las pipas y la compañía de tus amigos.
	B	Compras palomitas.	N	Mientras paseas estalla una tormenta y cae una rama de un árbol golpeándote en el hombro.
			P	Mientras paseas disfrutas de las pipas y la compañía de tus amigos.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
En el instituto organizan una fiesta fin de curso y tu grupo se encarga de poner música a la fiesta. (21)	A	Pones regueton.	N	Hay un incendio por un cortocircuito y tienen que rescatarte los bomberos.
			P	Al enchufar la música conecta con la gente y se monta un fiestón.
	B	Pones house.	N	Hay un incendio por un cortocircuito y tienen que rescatarte los bomberos.
			P	Al enchufar la música conecta con la gente y se monta un fiestón.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Hoy juega tu equipo favorito la final del campeonato y te reúnes con tus amigos para ver juntos el partido. (22)	A	Van al bar del barrio.	N	Unos hinchas del equipo contrario se ponen violentos y te dan un golpe en la cabeza.
			P	Tu equipo gana el campeonato y lo celebran bañándose en la fuente.
	B	Van a la plaza del pueblo.	N	Unos hinchas del equipo contrario se ponen violentos y te dan un golpe en la cabeza.
			P	Tu equipo gana el campeonato y lo celebran bañándose en la fuente.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Estas en la playa con tus amigos, y llevan un rato votados en la arena, así que propones jugar a algo. (23)	A	Juegas a voleibol.	N	Alguien te da un pelotazo en la cara y te rompe un diente.
			P	Conocen a un grupo de chicas que se anima a jugar con ustedes.
	B	Juegas el disco volador.	N	Alguien te lanza el disco, te golpea la cara y te rompe un diente.
			P	Conocen a un grupo de chicas que se anima a jugar con ustedes.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Estas en casa estudiando todo el día hasta que un amigo de clase te llama para salir a dar una vuelta. (25)	A	Van al cine	N	Se produce un incendio y estas a punto de morir asfixiado.
			P	Disfrutas de un rato agradable y apruebas el examen con buena nota.
	B	Van a un pub	N	Se produce un incendio y estas a punto de morir asfixiado.
			P	Disfrutas de un rato agradable y apruebas el examen con buena nota.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Tus amigos te llaman para salir, así que vas a casa de tu amigo, y están pensando en cómo vestirse. (26)	A	Tú eliges estilo formal.	N	Te ve la chica que te gusta y se ríe de ti por verte tan "pijo".
			P	Te sientes muy cómodo con este estilo y causas sensación.
	B	Tú eliges estilo informal.	N	Te ve la chica que te gusta y se ríe de ti por verte tan "pijo".
			P	Te sientes muy cómodo con este estilo y causas sensación.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Mientras estás en tu casa hablando por el chat, dos grupos de amigos te proponen salir a dar una	A	Sales con tu grupo de toda la vida.	N	Mientras hacen deporte, te golpean sin querer con un bate de beisbol.
			P	Mientras hacen deporte, te

vuelta. (28)				diviertes mucho con el grupo.
	B	Sales con un grupo nuevo muy divertido	N	Mientras hacen deporte, te golpean sin querer con un bate de beisbol.
			P	Mientras hacen deporte, te diviertes mucho con el grupo.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Estas en la plaza con tus amigos y están aburridos de no hacer nada, así que quieren hacer algo para entretenerse. (29)	A	Haces breakdance.	N	Al realizar un giro te caes y te lesionas gravemente el hombro.
			P	De tanto practicar comienzas a realizar ejercicios más espectaculares que antes no sabías.
	B	Te vas a patinar	N	Al realizar un giro te caes y te lesionas gravemente el hombro.
			P	De tanto practicar comienzas a realizar ejercicios más espectaculares que antes no sabías.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Estas en clase de Educación Física y el profesor les deja la hora libre para que jueguen al deporte que quieran. (30)	A	Juegas a futbol.	N	Te da un ataque de ansiedad y tienen que llevarte al médico.
			P	Ganan el partido con bastante diferencia y tú eres el que más goles haces.
	B	Juegas a baloncesto.	N	Te da un ataque de ansiedad y tienen que llevarte al médico.
			P	Ganan el partido con bastante diferencia y tú eres el que más puntos haces.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Es domingo por la tarde, vas al cine con tus amigos y están en frente de la cartelera de películas. (31)	A	Ves una comedia.	N	Te comes unas palomitas en mal estado y tienes una indigestión estomacal.
			P	Te ríes un montón y sales de la peli de muy buen humor.
	B	Ves una peli de acción.	N	Te comes unas palomitas en mal estado y tienes una indigestión

				estomacal.
			P	Te encantan los efectos especiales y sales de la peli fascinado.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Estas en clase de matemáticas y un profesor quiere negociar con ustedes para decidir la fecha del próximo examen. (32)	A	Prefieres un miércoles	N	Te pones enfermo el día del examen, suspendes y debes repetir curso.
			P	El día del examen te sientes inspirado y sacas un notable.
	B	Prefieres un viernes.	N	Te pones enfermo el día del examen, suspendes y debes repetir curso.
			P	El día del examen te sientes inspirado y sacas un notable.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Estas con tus amigos en la antesala de la discoteca y están decidiendo a que sala de música van a entrar. (33)	A	Sala de salsa.	N	Te encuentras con una persona agresiva con la que tuviste una pelea.
			P	Te encuentras la chica que te gusta y pasas una noche muy agradable.
	B	Sala de House.	N	Te encuentras con una persona agresiva con la que tuviste una pelea.
			P	Te encuentras la chica que te gusta y pasas una noche muy agradable.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Tus tíos te piden el favor de quedarte cuidando a tu primo pequeño un día del fin de semana. (36)	A	Te quedas el sábado.	N	Mientras le preparas la merienda te cortas un dedo y pierdes mucha sangre
			P	Mientras le preparas la merienda te llama tu tío para felicitarte por aprobar matemáticas.
	B	Te quedas el domingo.	N	Mientras le preparas la merienda te cortas un dedo y pierdes mucha sangre

			P	Mientras le preparas la merienda te llama tu tío para felicitarte por aprobar matemáticas.
--	--	--	---	--

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
A ti y a tu amigo les gustaría mejorar su condición física, y están pensando en qué deporte podrían hacer. (37)	A	Practican tenis.	N	En un salto te tuerces el tobillo y te lo tienen que escayolar.
			P	Te diviertes mucho jugando a tenis y conoces a una chica muy guapa.
	B	Practican atletismo.	N	En un salto te tuerces el tobillo y te lo tienen que escayolar.
			P	Te diviertes mucho practicando atletismo y conoces a una chica muy guapa.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Tu hermano y tú se ganan un viaje para observar animales salvajes en África, pero antes deben vacunarse. (38)	A	Van a un médico pago	N	La vacuna estaba en mal estado y coges una enfermedad tropical en el Congo.
			P	Disfrutas de una estancia maravillosa observado los animales salvajes en libertad.
	B	Van al médico de la seguridad social	N	La vacuna estaba en mal estado y coges una enfermedad tropical en el Congo.
			P	Disfrutas de una estancia maravillosa observado los animales salvajes en libertad.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Es el cumpleaños de un amigo que es muy goloso y tú y tu amigo le quieren comprar un dulce.(41)	A	Le compran pasteles.	N	Te atropella un chico con patinete y se caen los pasteles al suelo.
			P	Tu amigo se muestra muy agradecido por los pasteles porque estaban muy ricos.
	B	Le compran una tarta.	N	Te atropella un chico con patinete y se cae la tarta al suelo.
			P	Tu amigo se muestra muy agradecido por la tarta porque

				estaba muy rica.
--	--	--	--	------------------

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Tu amigo y tú quieren apuntarse a alguna actividad para entretenerse durante las tardes, y en el instituto les ofrecen. (42)	A	Guitarra	N	Tus compañeros se burlan de ti porque no sabes tocar la guitarra.
			P	Todos en el grupo son muy simpáticos contigo y además aprendes muy deprisa.
	B	Piano	N	Tus compañeros se burlan de ti porque no sabes tocar el piano.
			P	Todos en el grupo son muy simpáticos contigo y además aprendes muy deprisa.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Estas en el patio del instituto jugando con tus amigos y de repente viene un grupo de chicos de otro instituto. (43)	A	Te presentas al nuevo grupo.	N	Un chico del nuevo grupo te amenaza con un cuchillo para que le des todo el dinero.
			P	Son un grupo de chicos muy divertido y quedan para salir juntos otro día.
	B	Les invitas a jugar con ustedes.	N	Un chico del nuevo grupo te amenaza con un cuchillo para que le des todo el dinero.
			P	Son un grupo de chicos muy divertido y quedan para salir juntos otro día.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Tu hermano y tu van al dentista para ponerse aparatos correctores y hablando con el dentista te ofrece dos posibilidades. (44)	A	Aparatos transparentes.	N	El dentista te monta los aparatos mal y los dientes te quedan peor.
			P	El dentista hace un gran trabajo y los dientes te quedan perfectos.
	B	Aparatos normales.	N	El dentista te monta los aparatos mal y los dientes te quedan peor.

			P	El dentista hace un gran trabajo y los dientes te quedan perfectos.
--	--	--	---	---

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Es verano y estas en una fiesta de Blanco, donde hay regalos y un cañón de espuma para bañar a todos. (47)	A	Te sacas una foto con las gogos.	N	Te resbalas por el chorro de espuma y te clavas los cristales de los vasos.
			P	Hoy es tu día de suerte y ganas el sorteo de una xbox360.
	B	Te sacas una foto con el Disk-jockey	N	Te resbalas por el chorro de espuma y te clavas los cristales de los vasos.
			P	Hoy es tu día de suerte y ganas el sorteo de una xbox360.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Son los carnavales de tu ciudad y te reúnes con todos tus amigos para disfrazarse juntos y salir de marcha. (48)	A	Se disfrazan de animadoras.	N	Alguien te echa una pastilla en la bebida y te pones a vomitar.
			P	Gracias al disfraz que te has puesto consigues ligarte a una chica muy guapa.
	B	Se disfrazan de colegialas	N	Alguien te echa una pastilla en la bebida y te pones a vomitar.
			P	Gracias al disfraz que te has puesto consigues ligarte a una chica muy guapa.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Quieres sacarte un dinero para comprar las cosas que tú quieres, así que te pones a trabajar los fines de semana. (49)	A	Trabajas en una cafetería.	N	Un cliente que estaba borracho te amenaza con una botella rota.
			P	El jefe te paga muy bien cada día de trabajo y estas muy contento.
	B	Trabajas en un restaurante.	N	Un cliente que estaba borracho te amenaza con una botella rota.
			P	El jefe te paga muy bien cada día de trabajo y estas muy contento.

Escenario	Opciones	Consecuencias
-----------	----------	---------------

		N = negativa: P= Positiva		
En casa hablan de tener un perro como mascota, así que se acercan a una tienda de animales y compran. (50)	A	Un pastor alemán.	N	Te muerde en la cara y tienen que ponerte 10 puntos de sutura.
			P	Se convierte en la alegría de la casa y todos están más contentos.
	B	Un dálmata.	N	Te muerde en la cara y tienen que ponerte 10 puntos de sutura.
			P	Se convierte en la alegría de la casa y todos están más contentos.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Tienes una excursión a una granja e invitan a los abuelos para que expliquen cómo cuidar a los animales. (55)	A	Te acompaña tu abuelo materno.	N	Te resbalas y caes por un barranco rompiéndote gravemente la cadera.
			P	Conoces mejor a tu abuelo y aprendes mucho sobre los animales.
	B	Te acompaña tu abuelo paterno.	N	Te resbalas y caes por un barranco rompiéndote gravemente la cadera.
			P	Conoces mejor a tu abuelo y aprendes mucho sobre los animales.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Vas a la librería con tu primo a comprar los libros de clase, pero ves unas revistas que te gustan. (56)	A	Compras la revista de cine	N	Según sales de la librería, un ladrón te roba los libros de clase.
			P	La revista te regala un poster muy chulo de tu película favorita.
	B	Compras la revista de música.	N	Según sales de la librería, un ladrón te roba los libros de clase.
			P	La revista te regala un poster muy chulo de tu grupo favorito.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Tu amigo y tú hablan sobre hacerse un cambio de look, porque están cansados de tener siempre el mismo	A	Te haces unas mechas rubias.	N	La peluquera te quema el pelo y ves que te queda horrible.
			P	Te luce muy bien y te sientes más guapo que nunca.

look. (57)	B	Te cortas el pelo como un famoso.	N	La peluquera te quema el pelo y ves que te queda horrible.
			P	Te luce muy bien y te sientes más guapo que nunca.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Has quedado con tu grupo de amigos para ir al cine todos juntos y están decidiendo que peli quieren ver. (58)	A	Entran a ver la última de Harry Potter.	N	Una señora mayor se sienta a tu lado y empieza a meterte mano.
			P	Te lo pasas en grande viendo la última película de Harry potter.
	B	Entran a ver la última de James Bond	N	Una señora mayor se sienta a tu lado y empieza a meterte mano.
			P	Te lo pasas en grande viendo la última película de James Bond.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Tu padre llama por teléfono a ti y a tu hermano para que le compren el periódico en el kiosko. (60)	A	Le compras "El País".	N	Al volver a casa te cae una maceta y te lastima mucho el pie.
			P	El dependiente les regala unos rascas y te toca de premio una playstation 3.
	B	Le compras "El Mundo".	N	Al volver a casa te cae una maceta y te lastima mucho el pie.
			P	El dependiente les regala unos rascas y te toca de premio una playstation 3.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Hace un día espléndido con mucho sol y tus amigos te dicen que quieren ir a algún lugar para bañarse. (61)	A	Vas a la piscina.	N	Te resbalas en el borde y te das un golpe en la cabeza.
			P	El agua esta perfecta y disfrutas del baño y luego tomas el sol.
	B	Vas a la playa.	N	Te resbalas sobre una roca y te das un golpe en la cabeza.
			P	El agua esta perfecta y disfrutas del baño y luego tomas el sol.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Estas cenando con toda la familia y tu padre te pide que ayudes a tu hermano a bajar la basura. (63)	A	La bajas en el cubo.	N	En la calle te asaltan unos tipos y te piden dinero.
			P	Tu padre te compensa dejándote salir de fiesta el próximo finde.
	B	La bajas en la bolsa.	N	En la calle te asaltan unos tipos y te piden dinero.
			P	Tu padre te compensa dejándote salir de fiesta el próximo finde.

Escenario	Opciones		Consecuencias	
			N = negativa: P= Positiva	
Quieren ir a una fiesta que está lejos, pero como no tienen moto ni coche, tienen que ir en transporte público. (64)	A	Coges un taxi.	N	El conductor tiene un accidente y te haces una brecha en la cabeza.
			P	Llegan al pueblo rápidamente y disfrutan de una de las mejores fiestas.
	B	Coges la guagua.	N	El conductor tiene un accidente y te haces una brecha en la cabeza.
			P	Llegan al pueblo rápidamente y disfrutan de una de las mejores fiestas.

Anexo 4.1: Instrucciones de la tarea BART.

“A lo largo de la tarea, se te presentaran 90 globos de uno en uno. En cada globo podrás hacer clic en el botón «Inflar globo» para incrementar el tamaño del globo. Se te acumularan 5 céntimos de euro en un banco temporal por cada vez que inflas. No se te mostrara la cantidad que llevas acumulada en tu banco temporal. En cualquier momento, puedes dejar de inflar el globo y hacer clic en el botón «Recoger dinero». Al hacer clic en este botón comenzaras con el siguiente globo y se te transferirá el dinero acumulado desde tu banco temporal al banco permanente denominado con la etiqueta «Total Ganado». La cantidad que has ganado en el globo anterior se te presentara en el cuadro denominado «ultimo globo». Es tu decisión determinar cuantas veces inflas el globo, pero debes tener en cuenta que en algún momento va a explotar el globo. El momento de explosión varia para cada globo, pues puede explotar en la primera vez que inflas o inflar el globo hasta cubrir la pantalla completa. Si el globo explota antes de hacer clic en «recoger dinero», pasaras al siguiente globo y pierdes todo el dinero que tenias en un tu banco temporal. Los globos explotados no afectan al dinero acumulado en tu banco permanente. Al final de la tarea, recibirás un regalo en función de la cantidad de dinero que acumules en tu banco permanente”.