



Aportaciones de las Nuevas Tecnologías Combinadas con Monitorización Fisiológica en el Campo de la Regulación Emocional

Alejandro Rodríguez Ortega

PhD Thesis

Abril, 2015

Departamento de Ingeniería Electrónica
Programa de Doctorado Tecnologías para la Salud y el Bienestar

Directores:

Dra. Beatriz Rey Solaz

Dr. Mariano Luis Alcañiz Raya



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Universidad Politécnica de Valencia

Programa de Doctorado Tecnologías para la
Salud y el Bienestar



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

**Aportaciones de las Nuevas Tecnologías
Combinadas con Monitorización Fisiológica en
el Campo de la Regulación Emocional**

Autor

Alejandro Rodríguez Ortega

Directores

Beatriz Rey Solaz

Mariano Luis Alcañiz Raya

Valencia, Abril 2015

La investigación derivada de la presente tesis doctoral ha sido financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad de España a través del proyecto de investigación GAMETEEN (TIN2010-20187) y por el Vicerrectorado de Investigación de la Universitat Politècnica de València (PAID-06-2011, R.N.1984).

El trabajo de Alejandro Rodríguez Ortega para la realización de la presente investigación y la elaboración de la tesis ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España bajo la Beca FPI BES-2011-043316.

RESUMEN

Las estrategias de regulación emocional determinan la forma en que las personas sienten, expresan y regulan sus emociones. Estas estrategias influyen prácticamente en todos los aspectos de la vida. En la actualidad existen numerosas investigaciones que destacan el papel que juegan estas estrategias de regulación emocional en el desarrollo y el mantenimiento de una conducta sana y adaptativa. Por el contrario, carencias o déficits en dichas estrategias de regulación pueden ser consideradas como un factor relevante en el origen y mantenimiento de numerosos trastornos emocionales y de comportamiento.

Existen diversos instrumentos que se han utilizado tradicionalmente para evaluar las capacidades de regulación emocional y que están basados en cuestionarios subjetivos. Estos cuestionarios, aunque son muy útiles y prácticos, presentan algunas limitaciones que los hacen poco apropiados, sobre todo para ciertos colectivos que son especialmente reacios a ser evaluados, como podrían ser los adolescentes. Actualmente están empezando a usarse nuevos sistemas basados en tecnologías hombre-máquina, como pueden ser la realidad virtual y los sensores fisiológicos, para el entrenamiento de las estrategias de regulación emocional.

La investigación presentada en esta tesis tiene como propósito abordar los aspectos relacionados con los instrumentos utilizados en el entrenamiento y en la evaluación de las estrategias de regulación emocional. Concretamente, el objetivo del presente trabajo es estudiar el uso combinado de la realidad virtual y los juegos serios con la monitorización fisiológica no invasiva en el campo de la regulación emocional en población adolescente. Para ello se presentan y se detallan los resultados obtenidos de tres estudios realizados, con tres entornos virtuales diferentes, donde los participantes pudieron entrenar diferentes estrategias de regulación emocional mientras se les registraban la señal cardíaca o la activación cerebral.

Con la presente Tesis Doctoral se pretende hacer una contribución al campo de la regulación emocional, proporcionando un nuevo marco de investigación a través del uso de nuevas tecnologías como la realidad virtual y a través de instrumentos de evaluación más objetivos, como son las señales fisiológicas.

ABSTRACT

Emotional regulation strategies determine the way in which people feel, express and regulate their emotions. These regulation strategies affect all aspects of life. Currently, numerous scientific studies indicate the role that these regulation strategies play in the development and maintenance of adaptive and healthy behavior. On the other hand, deficiencies or deficits in emotional regulation are considered to be relevant factors in the origin and maintenance of numerous behavioral and emotional disorders.

There are different instruments that have been traditionally used to train and evaluate emotional regulation capabilities. They are usually based on subjective questionnaires. Although these questionnaires have proven to be useful, they present some limitations that make them little suitable for certain groups who are especially reluctant to be assessed, such as adolescents. Currently, new systems based on man-machine interfaces, such as virtual reality and physiological sensors, are starting to be used for training emotional regulation strategies.

The purpose of the research reported in this thesis is to address the issues related to the instruments used to train and evaluate the emotional regulation strategies. Specifically, the aim of this work is to study the combined use of virtual reality and serious games with non-invasive physiological monitoring in the emotional regulation field in adolescent population. For this reason, this document shows the results obtained from three studies, with three different virtual environments where participant were able to train different emotional regulation strategies while their cardiac signal or brain activation were recorded.

The aim of this thesis is to make a contribution to the emotional regulation field providing a new research framework through the use of new

technologies, such as virtual reality, and through more objective assessment instruments such as physiological signals.

RESUM

Les estratègies de regulació emocional determinen la manera en què les persones senten, expressen i regulen les seves emocions. Aquestes estratègies influeixen pràcticament en tots els aspectes de la vida. En l'actualitat existeixen nombroses recerques que destaquen el paper que juguen aquestes estratègies de regulació emocional en el desenvolupament i el manteniment d'una conducta sana i adaptativa. Per contra, mancances o dèficits en aquestes estratègies de regulació poden ser considerats com un factor rellevant en l'origen i manteniment de nombrosos trastorns emocionals i de comportament.

Existeixen diversos instruments que s'han utilitzat tradicionalment per avaluar les capacitats de regulació emocional i que estan basats en qüestionaris subjectius. Aquests qüestionaris, encara que són molt útils i pràctics, presenten algunes limitacions que els fan poc apropiats, sobretot per a certs col·lectius que són especialment poc inclinats a ser avaluats, com podrien ser els adolescents. Actualment, estan començant a usar-se nous sistemes basats en tecnologies home-màquina, com pot ser la realitat virtual i els sensors fisiològics, per a l'entrenament de les estratègies de regulació emocional.

La investigació presentada en aquesta tesi té com a propòsit abordar els aspectes relacionats amb els instruments utilitzats en l'entrenament i en l'avaluació de les estratègies de regulació emocional. Concretament, l'objectiu del present treball és estudiar l'ús combinat de la realitat virtual i els jocs seriosos amb el monitoratge fisiològic no invasiu en el camp de la regulació emocional en població adolescent. Per a això, es presenten i es detallen els resultats obtinguts de tres estudis realitzats, amb tres entorns virtuals diferents, on els participants van poder entrenar diferents estratègies de regulació emocional mentre se'ls registraven el senyal cardíac o l'activació cerebral.

Amb la present Tesi Doctoral es pretén fer una contribució al camp de la regulació emocional, proporcionant un nou marc de investigació a través de l'ús de noves tecnologies com la realitat virtual i a través d'instruments d'avaluació més objectius, com són els senyals fisiològics.

Índice

RESUMEN	i
ABSTRACT	iii
RESUM	v
Capítulo 1. <u>Introducción</u> General	1
1.1 Contexto: El rol de las emociones.....	5
1.2 Regulación Emocional	11
1.2.1 Estrategias de Regulación Emocional.....	12
1.2.2 Consecuencias de un déficit en regulación emocional.....	15
1.2.3 Instrumentos de Evaluación de Regulación Emocional.....	18
1.2.4 Mejorando los instrumentos de evaluación y entrenamiento de estrategias de regulación emocional	21
1.2.4.1 Realidad Virtual	22
1.2.4.2 Juegos Serios.....	27
1.2.4.3 Medidas fisiológicas	30
1.3 Referencias bibliográficas.....	37
Capítulo 2. <u>Objetivos y Estructura de la Tesis</u>	49
2.1 Objetivos.....	51
2.2 Estructura de la Tesis Doctoral	53

Capítulo 3. Assessing brain activations associated with emotional regulation during virtual reality mood induction procedures..... 57

3.1	Introduction.....	61
3.2	Material and Methods	67
3.2.1	Participants.....	67
3.2.2	Instruments.....	68
3.2.2.1.	Psychological instruments.....	68
3.2.2.2.	Physiological instrument: Emotiv EPOC-based EEG data collection	70
3.2.3	Mood induction	70
3.2.4	Experimental Design.....	72
3.2.5	Data analysis	74
3.3	Results.....	75
3.3.1	Questionnaire Results	75
3.3.2	EEG results	77
3.4	Discussion	84
3.5	Conclusions.....	89
3.6	References.....	91

Capítulo 4. A VR-Based Serious Game for Studying Emotional Regulation in Adolescents 101

4.1	Introduction.....	105
4.2	ER Assessment, Instruments, and Engagement	105
4.3	GT-System	106
4.3.1	Frustration Induction Game	107

4.3.2	ER Strategy Training Phase	109
4.4	GT-System Technology	110
4.4.1	Player and Therapist Applications	110
4.4.2	Modeling the Virtual Components.....	112
4.4.3	GT-System description	114
4.5	System Evaluation	116
4.5.1	Instruments.....	118
4.5.2	ECG Analysis.....	118
4.5.3	Experimental Design.....	118
4.6	Results.....	119
4.6.1	Questionnaire Analyses.....	120
4.6.2	Hear Rate Analysis	121
4.7	Conclusions.....	121
4.8	References.....	122

Capítulo 5. How the physical similarity of avatars can influence the learning of emotion regulation strategies in teenagers..... 125

5.1	Introduction.....	129
5.2	Methodology	135
5.2.1	Research design	135
5.2.2	Participants.....	135
5.2.3	Instruments.....	136
5.2.4	Virtual environment	138
5.2.5	Technical aspects of the VE and the avatars.....	139
5.2.6	Hardware.....	140

5.2.7	Procedure	141
5.2.8	Electroencephalogram processing.....	141
5.2.9	Statistical data analysis	142
5.3	Results.....	143
5.3.1	Questionnaire results.....	143
8.3.1.1.	Comparison of the two groups with regard to biographical variables and control variables	143
8.3.1.2.	Comparison of the two groups with regard to emotional scales (VAS and SAM).....	144
8.3.1.3.	Comparison of the two groups with regard to the appeal questionnaire.....	148
8.3.1.4.	Comparison of the two groups with regard to the identification questionnaire.....	148
8.3.1.5.	Comparison of the two groups with regard to the presence questionnaire.....	149
5.3.2	EEG Results	149
8.3.2.1.	Comparison between the induction and regulation phases for each group	149
8.3.2.2.	Comparison of the two groups in the induction phase and in the regulation phase.....	149
5.4	Discussion.....	151
5.5	References.....	157
Capítulo 6. Discusión General		167
6.1	Discusión General.....	169
6.2	Evaluación de la Inducción emocional	171
6.3	Evaluación de las Estrategias de Regulación Emocional.....	174

6.4	Referencias.....	176
Capítulo 7. Conclusiones Finales y Líneas de Investigación Futuras		
		179
7.1	Conclusiones	181
7.2	Líneas de investigación para futuros trabajos	184
Capítulo 8. Publicaciones		
		187
8.1	Introducción	189
8.2	Publicaciones en Revistas Indexadas en JCR Science Edition	189
8.3	Capítulo de Libros -- Actas de Congresos	190
8.4	Capítulo de Libros.....	192
8.5	Otras Presentaciones en Congresos.....	192
8.6	Otros Estudios Relacionados con la Tesis Doctoral	193

Capítulo 1.

Introducción

General

Las estrategias de regulación emocional permiten a las personas influir sobre las emociones que tienen, cuándo y cómo las experimentan, y cómo las expresan. Cada vez hay más estudios que destacan el papel fundamental que juegan las estrategias de regulación emocional y su influencia en, prácticamente, todos los aspectos de la vida. Se ha demostrado que carencias en la forma de utilizar las estrategias de regulación emocional están directamente relacionadas con la aparición de numerosos problemas de salud física y mental, incluyendo trastornos de personalidad, depresión, ansiedad, adicciones o conductas violentas. Estas carencias y, por supuesto, sus consecuencias son especialmente preocupantes en la población adolescente, en donde estudios previos han destacado un aumento de conductas intolerables y de episodios de violencia física y psíquica en las aulas.

La presente Tesis Doctoral estudia la posibilidad del uso combinado de las tecnologías como la realidad virtual o los juegos serios con la monitorización fisiológica en el campo de la regulación emocional en población adolescente. Para ello, se han planteado tres estudios en dónde previamente se les inducía a los participantes diferentes emociones negativas a través de tres novedosos métodos realizados con realidad virtual, con el fin de que, posteriormente, los participantes pudiesen entrenar diferentes estrategias de regulación emocional de tres formas distintas. Todo ello sucedía mientras se registraban sus respuestas fisiológicas a todo lo acontecido en los estudios mediante sistemas tecnológicos de registro fisiológico no invasivo.

Una versión de este capítulo titulado “Nuevos métodos de evaluación y entrenamiento de estrategias de regulación emocional basados en juegos serios y nuevas tecnologías” (Autores: Alejandro Rodríguez, Beatriz Rey, Mariano Alcañiz, Maja Wrzesien, Rosa M^a Baños y M^a Dolores Vara) aparece en el capítulo del libro que recoge las exposiciones de los ponentes en el 4th Forum on Virtual Teaching and CyberPsychology y que espera ser publicado en Mayo de 2015

1.1 Contexto: El rol de las emociones

El término emoción es un concepto que ha estado presente en los trabajos de numerosos y célebres filósofos clásicos como fueron Sócrates, Platón o Aristóteles. Este término también ha sido considerado en estudios realizados por otros pensadores y científicos, más próximos a nuestros tiempos, como fueron Darwin o Freud. Sin embargo, a pesar de este interés, durante una gran parte del siglo veinte los estudios llevados a cabo en laboratorio sobre las emociones fueron escasos y catalogados como subjetivos y vagos, resultando difícil alcanzar conclusiones concretas de los mismos (Damasio, 1999).

En la actualidad, es a raíz de la publicación del libro *Handbook of Emotions* (Lewis & Haviland, 1993) cuando el estudio de las emociones llama la atención de la comunidad científica, que consideran su estudio como un campo de gran interés para las ciencias de la salud, en general, y para la psicología cognitiva en particular.

Las razones de esta irrupción en el interés científico moderno son diversas, pero principalmente se fundamentan en la importancia que se le otorgan a las emociones en el desarrollo de diferentes procesos de la vida. De acuerdo con Ledoux (1998), las emociones evolucionaron como especializaciones fisiológicas y respuestas corporales controladas por el cerebro, lo que permitió a los organismos ancestrales sobrevivir en ambientes hostiles y reproducirse. Con esta definición, LeDoux reconoce la importancia que las emociones tienen en el funcionamiento cognitivo humano y como éstas pueden influir y modificar el comportamiento humano hasta la adaptación del individuo con el medio que le rodea (Tooby & Cosmides, 2008).

Y es que ha habido un evidente interés por el estudio de las emociones en un amplio rango de áreas, incluyendo los procesos perceptivos y atencionales (Niedenthal & Kitayama, 1994, Zajonc, 1998), memoria (Phelps & Anderson, 1997), el bienestar subjetivo (Diener & Suh 1998), actitudes y

persuasión (Chen & Bargh, 1997), razonamiento y toma de decisiones (Schwarz & Clore, 1996) o las relaciones interpersonales (Gardner et al., 1998), entre otros muchos.

Otro campo de la psicología, el estudio de la inteligencia, que en principio parecía alejado de la investigación de las emociones, ha sido revolucionado en años recientes por el concepto de “inteligencia emocional” (Goleman, 2006). Desde esta perspectiva se postula que la habilidad para percibir las emociones propias y ajenas, discriminar entre ellas, y usar esa información en nuestros pensamientos, decisiones y relaciones con los demás, es un factor importante en la determinación del éxito y la satisfacción de la vida.

En este sentido, las emociones aportan mucho a nuestra vida, ya que nos ayudan a motivarnos cuando tenemos que realizar algo, nos facilitan el aprendizaje mediante el incremento de las capacidades de nuestra memoria (Phelps, 2006), nos proporcionan recursos para luchar o huir ante situaciones adversas y fundamentalmente contribuyen a sociabilizarnos con otros individuos o comunidades (Keltner & Kring, 1998). En palabras de Gross (1999), si no tuviéramos emociones nuestra experiencia en la vida sería gris y monótona, vagaríamos sin rumbo, privados de los impulsos que motivan y dirigen nuestra actividad cotidiana.

A pesar de todos los trabajos existentes sobre las emociones y los años de investigación realizada, los investigadores todavía no han consensuado una respuesta a la pregunta ¿qué es una emoción? (Gross, 2008). Así que no es de extrañar que en la literatura se puedan encontrar diferentes enfoques teóricos que intentan dar su respuesta a esta pregunta (Arnold, 1960; Buck, 1985; Ekman, 1971; Lazarus, 1991; Levenson, 1994). Pese al elevado número de enfoques teóricos, la mayoría coinciden en considerar esenciales ciertas características comunes en los procesos emocionales.

Como LeDoux (1998) afirma, la dirección de la investigación sobre emociones cambió cuando James (1884) enfocó las emociones como una

secuencia de paso entre las respuestas emocionales y las emociones, es decir, las emociones provocan respuestas emocionales. De este modo, cada emoción se traducirá en una respuesta diferente, donde el cerebro recibirá una retroalimentación diferente que, a su vez, nos hará experimentar diferentes sentimientos dependiendo de la situación ya que cada respuesta tendrá diferentes características fisiológicas. Esta afirmación generó un debate, que todavía se mantiene fresco, acerca de donde provienen los sentimientos. Al igual que James (1884), Schachter & Singer (1962) valoraron la importancia que tenían las activaciones fisiológicas en la génesis emocional, añadiendo la interpretación cognitiva de esta activación para dar respuesta a la especificidad de las emociones. Con ello, los autores opinaban que la interpretación cognitiva de la situación era el principal factor que explicaba la emoción. Previamente, Arnold (1960) propuso un concepto de evaluación, en donde el cerebro, de forma consciente o inconsciente, primero evaluaba el estímulo para posteriormente evaluar la emoción y la tendencia de esta a una respuesta producida. Este pensamiento fue desarrollado por Lazarus (1984) quien valoró como crucial la importancia de la evaluación cognitiva en la creación de una emoción, lo cual se mantiene relevante en los modelos emocionales actuales.

Así, según LeDoux (1998), los teóricos de la evaluación parecían tener razón: la evaluación de un estímulo es claramente el primer paso para producir una emoción. Esta valoración puede producirse inconscientemente donde la emoción implicaría cambios en nuestro registro consciente, en nuestras activaciones fisiológicas y en nuestras respuestas comportamentales. Por el contrario, Zajonc (1980) postulaba que la creación de la emoción no podía reducirse en una cognición, sosteniendo que la evaluación afectiva de un estímulo puede ocurrir independiente de un procesamiento cognitivo aunque también albergaba la posibilidad de que se requiriera de un bajo nivel cognitivo. Para ello, Murphy & Zajonc (1993) alimentaron su hipótesis mediante evidencias adicionales obtenidas en

estudios sobre “priming afectivo” (Affective Priming) donde demostraron que la afectividad puede ser precedida y se produce en ausencia de la conciencia a los estímulos proporcionados.

Esta controversia generada entre las teorías de Lazarus y de Zajonc fue tratada en lo que se conoce como la teoría multinivel de LeDoux (1992; 1996) que sostiene que el procesamiento de una emoción es realizado mediante dos circuitos o vías neurológicas, la ruta talámica y la ruta neo-cortical. La ruta talámica, es una ruta directa entre el tálamo y la amígdala, la cual activa rápidamente una respuesta emocional del tipo acercamiento/evitación, basada en informaciones sensoriales elementales, donde el sujeto no tiene conciencia del objeto inductor. Por otro lado, la ruta neo-cortical, es un circuito más bien lento que recorre el tálamo hasta el córtex cerebral y luego a la amígdala, donde denota las reacciones emocionales más complejas y más diferenciadas, las cuales se encuentran basadas en informaciones sensoriales más integradas (Myers, 2010). Como se puede deducir, la ruta talámica sería un circuito de activación emocional consistente con la teoría de Zajonc (1980), el cual afirma que el procesamiento emocional podría no ser consciente. En cambio la ruta neo-cortical estaría más sostenida por la teoría de Lazarus (1984), quien afirmaba que para el procesamiento de una emoción es necesaria una evaluación cognitiva previa (**Figura 1.1**). LeDoux se reafirma de la existencia de estos dos circuitos neurológicos como solución a la evolución humana, ya que mientras uno de los circuitos responde de manera rápida a situaciones amenazantes permitiendo la supervivencia humana, el otro genera una evaluación detallada de este estímulo emocional y permite procesar la toma de una decisión y una respuesta apropiada a la situación.

Recientemente, Gross (1997, 1998) propuso una perspectiva que, en su opinión, retomaba los puntos de convergencia más importantes entre los investigadores relacionados en el análisis de las emociones y de la regulación emocional. De acuerdo con Gross (1997), “la emoción se

produce cuando estímulos internos o externos son procesados de tal forma que se activa un programa de emoción, por ejemplo, la tristeza o la diversión. Una vez activado el programa, este genera respuestas (incluyendo los cambios fisiológicos, los sentimientos subjetivos y los impulsos del comportamiento) que preparan el organismo para responder de forma adaptativa a los desafíos y al ambiente. Sin embargo, las emociones no nos obligan a actuar de una manera determinada, sólo sugieren qué hacer. Por esta razón, el sentimiento no es siempre revelador: la respuesta emocional, podría o no podría ser expresada como un comportamiento visible. Por eso Gross (1998) presenta su “Modelo Modal” de la emoción, donde recoge todas las características esenciales de los procesos de la emoción y las ordena secuencialmente.

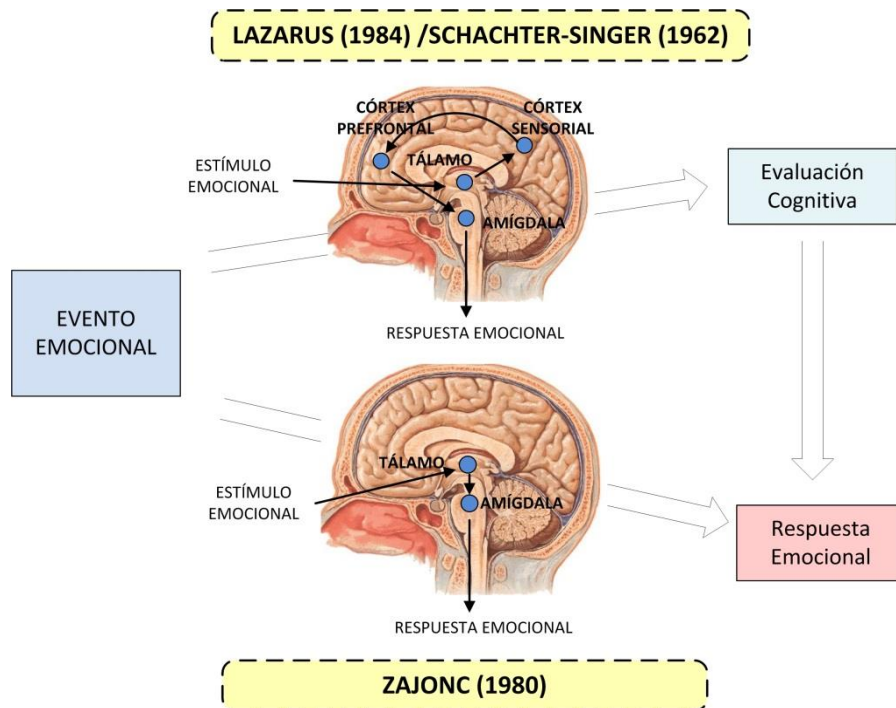


Figura 1.1. Esquema de los dos circuitos neurológicos planteados por LeDoux (1992; 1996).

El “Modelo Modal” de la emoción de Gross y Thompson (2007) indica que la generación de las emociones es un proceso secuencial especial que ocurre a lo largo del tiempo. En la **Figura 1.2** se puede ver como este modelo se encuentra dividido en cuatro secuencias (Situación, Atención, Valoración y Respuesta). Este modelo es iniciado con una situación emocional, que a menudo se produce por factores externos, que conlleva la implicación de una mayor o menor atención, y que se encuentra relacionada con la valoración que cada individuo realice de esta situación. Esta valoración se encuentra condicionada por el estado emocional actual del individuo y por las experiencias emocionales vividas en el pasado. Como consecuencia de todo esto, se genera una respuesta emocional que, en ocasiones, puede cambiar la situación que dio lugar a la respuesta inicial, de ahí la flecha de retroalimentación (Lewis et al., 2010). Por ejemplo, en un partido de fútbol un error del delantero puede provocar una reacción de vergüenza o de bochorno, por parte de éste. El público, el entrenador y los compañeros viendo el impacto que la situación ha provocado en la respuesta emocional del jugador son propensos a perdonar este error y a animarlo cambiando, de este modo, la situación emocional inicial.

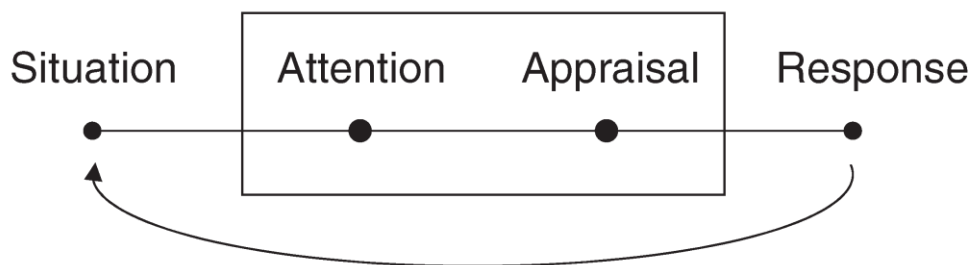


Figura 1.2. “Modelo Modal” de la emoción de Gross & Thompson (2007).

Por otro lado, en los últimos años algunos autores han afirmado que las emociones son un factor relevante en la génesis de trastornos mentales y problemas de conducta y, por tanto, deben ser tenidas en cuenta en el diseño de tratamientos psicológicos (Samoilov & Goldfreid, 2000). Un desarrollo notable de esta tendencia es la investigación de las estrategias de regulación emocional, un campo de estudio que examina los procesos mediante los cuales las personas manejan, experimentan y expresan sus emociones (Cicchetti et al., 1995; Gross, 1998; Menin et al., 2002).

1.2 Regulación Emocional

La regulación emocional es un campo de investigación psicológica relativamente nuevo, cuyas raíces se remontan a los estudios de Freud (1977) sobre las defensas psicológicas, a los estudios de Lazarus (1966) sobre el estrés psicológico y su afrontamiento y a los estudio de Frijda (1986) sobre la teoría de las emociones.

La regulación emocional es conocida comúnmente como el proceso de modulación de uno o más aspectos de una experiencia o respuesta emocional (Chambers et al., 2009, Campos & Sternberg, 1981; Gross, 1998a,b) o, en otras palabras, como los intentos que hacen las personas para influir sobre qué emociones tienen, cuándo las tienen, cómo las experimentan y cómo las expresan. Estos intentos tienen un impacto en la intensidad, latencia, duración, y respuesta de la emoción (Gross et al., 2007). La regulación emocional puede amortiguar, intensificar o simplemente mantener la emoción, en relación con los objetivos que persiga la persona.

Es por todo esto que la regulación emocional es considerada como un importante factor que influye virtualmente en todos los aspectos de la vida, incluyendo nuestra salud física y mental, manteniendo nuestras relaciones sociales y adaptándonos a la aparición de nuevas experiencias emocionales diarias. En palabras de Aristóteles, “Todos podemos enojarnos, eso es fácil.

Pero enojarnos con la persona correcta, en la medida justa, en el momento adecuado, por la razón pertinente y del modo apropiado, eso no es fácil”.

Una cuestión todavía no resuelta hace referencia a la definición de la regulación emocional como procesos intrínsecos (una persona puede regularse a sí misma sus emociones) o como procesos extrínsecos (una persona puede regular las emociones a otros). De acuerdo con Gross et al. (2007) ambos procesos son esenciales para la regulación emocional y recomienda usar los calificativos “intrínseco” y “extrínseco” siempre que sea necesario realizar una aclaración.

1.2.1 Estrategias de Regulación Emocional

Uno de los marcos conceptuales que puede ayudar a organizar las miles de formas en las que la regulación emocional puede ser utilizada en el día a día, sería el “Modelo Modal” de Gross y Thompson (2007). Tal y como se ha explicado en el apartado anterior, este modelo especifica la implicación de una secuencia de procesos o pasos para la generación de una emoción. Pues bien, para Gross y Thompson (2007) estos pasos serían objetivos potenciales para los procesos regulatorios, por ello destaca cinco puntos o posiciones claves en el “Modelo Modal” donde una persona podría regular sus emociones (**Figura 1.3**).

Estas posiciones representarían cinco familias diferentes de procesos de regulación emocional que tienen su primer impacto en los diferentes momentos de la generación emocional. Estas son:

- 1.- *La Selección de la Situación*. Esta familia de regulación emocional implica la toma de acciones y decisiones que hacen que una situación pueda acabar generando una emoción positiva o negativa de forma más o menos probable.
- 2.- *La Modificación de la Situación*. En este proceso de la regulación de las emociones, se hace referencia a los esfuerzos realizados para

cambiar una situación externa con el fin de cambiar el impacto emocional que se pueda sufrir.

- 3.- El despliegue de la Atención. Este proceso de regulación emocional hace referencia a como las personas son capaces de dirigir su atención hacia una situación determinada con el fin de influir sobre sus emociones cuando la situación o el medio en el que se encuentra no puede ser cambiado o modificado. Dentro de esta familia se puede encontrar dos tipos de estrategias de regulación:
 - a. Concentración. Se realiza focalizando la atención en las características emocionales de una situación.
 - b. Distracción. Se realiza focalizando la atención en diferentes aspectos de la situación, o cambiando la atención por completo de la situación emocional.
- 4.- La Reevaluación Cognitiva. Este proceso hace referencia a las habilidades que las personas tiene para realizar cambios en la forma de procesar una situación emocional a fin de alterar su significado emocional o reenfocarlo a otra situación menos dañina y que permita alterar la trayectoria de las respuestas emocionales.
- 5.- La modulación de la Respuesta. Este proceso se produce al final del “Modelo Modal”. La modulación de la respuesta hace referencia a la forma en la que las personas pueden influir sobre su respuesta emocional a nivel fisiológico, expresivo, conductual o comportamental. En esta familia la estrategia de regulación más famosa sería la:
 - a. Supresión Expresiva. Esta estrategia implica la inhibición de cualquier conducta expresiva (expresiones faciales, expresiones verbales y gestos), a fin de ocultar la verdadera respuesta emocional ocasionada por una situación.

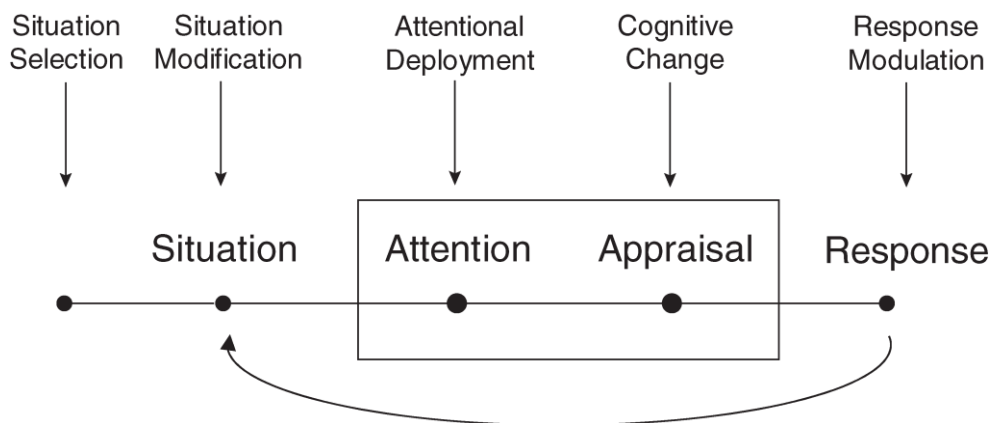


Figura 1.3. “Modelo Modal” de la emoción destacando los cinco puntos de aplicación de estrategias de regulación emocional. Figura obtenida de Gross & Thompson (2007)

Otra clasificación que se tiene sobre los procesos de regulación emocional sería la que discriminaría la regulación emocional en función de cuándo tiene el primer impacto en el proceso de generación de la emoción. De este modo, las estrategias de regulación emocional podrían clasificarse en dos grupos, las focalizadas en los antecedentes emocionales o las focalizadas en la respuesta emocional proporcionada (Gross et al., 2003). Las estrategias basadas en los antecedentes hacen referencia a la manipulación de los estados previos a la creación de las emociones, lo cual implica la selección y modificación de la situación, el control de la atención y la reevaluación cognitiva de la situación mediante la búsqueda de una solución para modificar la respuesta emocional antes de que ésta se manifieste. En contra, las estrategias basadas en la respuesta emocional se basan en la manipulación de la respuesta emocional una vez ésta ya ha sido generada (Chambers et al., 2009). Las consecuencias físicas y psicológicas serán diferentes dependiendo de la estrategia de regulación emocional empleada.

De acuerdo con el “Modelo Modal” de la emoción, muchas de estas características psicopatológicas estarían producidas por deficiencias o

problemas en una, o más de una, de las etapas generadoras de emociones. En otras palabras, se podría decir que un rasgo psicopatológico puede ser causado por el hecho de no saber cómo cambiar o seleccionar una situación que produce una fuerte emoción positiva o negativa, o por el hecho de no saber cómo desviar la atención de una actividad emocionalmente perjudicial hacia otra actividad menos perjudicial, emocionalmente hablando. También el hecho de sufrir deficiencias o defectos en los procesos de re-evaluación de situaciones emocionales o defectos en la modulación de respuestas emocionales en otras, socialmente aceptadas, son causas conocidas en la aparición de trastornos psicológicos (Werner et al., 2010). De este modo, una regulación emocional adaptativa sería la selección y aplicación de estrategias de regulación emocional que mejor se adapten a las diferentes etapas del “Modelo Modal”, procesando una experiencia emocional en una experiencia emocional saludable (Mennin et al., 2007). Estas estrategias pueden provocar cambios simultáneos en los procesos cognitivos y fisiológicos (Chambers et al., 2009); por lo que la asociación entre regulación emocional y ajuste personal, competencia social y funcionamiento cognitivo, sugiere que el desarrollo de las estrategias de regulación emocional tienen consecuencias significativas en el desarrollo personal.

1.2.2 Consecuencias de un déficit en regulación emocional

Numerosos estudios científicos avalan la tesis de que una carencia o defecto en la aplicación de la regulación emocional tiene una alta relación con la aparición de numerosos problemas de salud física y mental, incluyendo el trastorno límite de la personalidad, depresión (Ochsner et al., 2007), ansiedad, problemas de interacción y adaptación social, adicciones, conductas violentas y otras conductas disruptivas (Davidson et al., 2000; Gross, 2002). Estas carencias o defectos, en estrategias de regulación emocional, empiezan a manifestarse durante la adolescencia (10-14 años),

etapa de la vida en donde se originan muchos problemas psicosociales, los cuales si no son tratados adecuadamente, se magnifican durante la vida adulta.

En su mayoría, los jóvenes de todo el mundo poseen una buena salud mental. Sin embargo, las estadísticas confirman que, en media, uno de cada cinco niños y adolescentes sufre de problemas de desarrollo emocional o de comportamiento, y aproximadamente uno de cada ocho tiene un diagnóstico clínico de sus trastornos mentales (Braddick et al., 2009). En cuanto a los datos respecto a los niveles de depresión durante la adolescencia, las cifras son preocupantes. Según la OMS (2003), en Europa, el 8% de las niñas y el 2% de los niños muestran síntomas de depresión grave.

Estos resultados reflejan una preocupación social que es consecuencia también del aumento de conductas disruptivas en las escuelas de todo el mundo, incluyendo bulling y otras formas de comportamiento violento o agresivo, tanto a nivel físico como psicológico (falta de respeto, provocación, insultos, peleas, etc.) entre los alumnos y de los alumnos hacia los profesores.

Buena prueba de esto son la aparición de numerosas publicaciones e informes analizando estos problemas, como el realizado por Health behaviour in School-aged Children (HBSC), que nos revela una realidad realmente alarmante. En este estudio, se detalla cómo un 25,6% de los adolescentes han sido alguna vez víctimas de acoso escolar en clase (HBSC, 2008). De acuerdo con estudios recientes, estos comportamientos disruptivos estarían estrechamente vinculados a una regulación emocional disfuncional (Sharp et al., 2011).

Estas cifras muestran la gravedad de un problema que no nace y muere en la adolescencia, sino que si no es tratado adecuadamente puede extenderse hacia la edad adulta y derivar en infinitud de problemas personales y sociales. Es de sobra conocido que adolescentes que han intimidado o se han

servido de la violencia para lograr sus objetivos, corren el riesgo de involucrarse en comportamientos criminales durante su vida adulta. Por el contrario, aquellos adolescentes que han sido víctimas de vejaciones, intimidaciones o agresiones durante su adolescencia también corren el riesgo de seguir siendo víctimas de la violencia (OMS, 2003), de desarrollar pobres conceptos sobre sí mismo, pobres recursos para sociabilizarse y soledad, así como síntomas psicósomáticos y altos niveles de consumo de sustancias (HBSC, 2008).

Otro factor importante que debe ser considerado es el económico. De acuerdo con la OMS (Suhrcke et al., 2008), los costes totales medios de un adolescente con una enfermedad mental de carácter emocional supone, en el caso de Reino Unido, un gasto de 64.703€ por año. Si este coste fuera extrapolado a niveles europeos, por ejemplo, estaríamos hablando de unos costes de 161.175 millones de Euros.

Este dinero no sólo afecta al sistema sanitario, sino que afecta de una forma u otra a diferentes sistemas sociales, independientemente del sanitario, creando un desafío para el capital social (**Figura 1.4**). Estos gastos se encontrarían repartidos, por lo tanto, entre los servicios de sanitarios (5%), los servicios sociales (51%), el sistema educativo (38%), el sistema de justicia penal (5%) y el servicio de voluntarios (1%).

Estas cifras tan preocupantes confirman la necesidad de desarrollar mejores tratamientos que ayuden a los adolescentes afectados a aprender y adquirir habilidades relacionadas con las estrategias de regulación emocional, y lo más importante, a prevenir futuros problemas emocionales y psicosociales, debido a un mal uso de estas estrategias de regulación emocional.

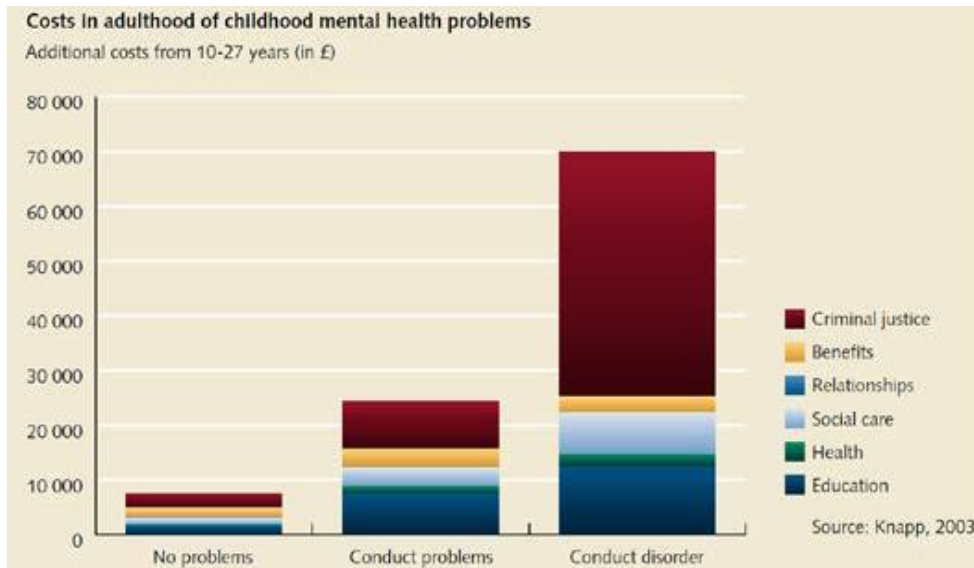


Figura 1.4. Costes adicionales generados por la transmisión de desórdenes mentales desde la adolescencia a la edad adulta (Knapp, 2003).

1.2.3 Instrumentos de Evaluación de Regulación Emocional

Como se ha presentado en apartados anteriores, la regulación de las emociones involucra la participación de diversos sistemas que van desde la activación psicofisiológica, la expresiones faciales y corporales, la reevaluación cognitiva de la situación, el control de la atención o las habilidades inter and intrapersonales (Thompson, 1994). Debido a esta diversidad de sistemas que participan en un proceso de regulación emocional, es difícil desarrollar métodos de evaluación optima que nos permitan medir y analizar estos procesos de regulación emocional (Cole et al., 2004).

Actualmente la mayoría de los instrumentos utilizados para la evaluación de problemas de regulación emocional están basados en cuestionarios subjetivos que interrogan a los sujetos sobre la forma en la cual ellos experimentan y manejan sus emociones. Ejemplo de estos cuestionarios son

el Emotion Regulation checklist (Shields & Cicchetti, 1997) o el Emotion Regulation Questionnaire (Gross & John, 2003) entre otros. Estas técnicas presentan algunas limitaciones que las hacen poco apropiadas para ciertos colectivos que son especialmente reacios a ser evaluados. Además, en el caso de utilizarse en combinación con entornos virtuales, únicamente podrían emplearse antes o después de la experiencia, pero nunca durante la exposición sin interrumpir el desarrollo normal de la misma.

Otra forma de evaluar las técnicas de regulación emocional empleadas es a través de pruebas de laboratorio en las que se les pide a los sujetos que realicen tareas generadoras de emociones, para analizar, de este modo, las estrategias que han empleado para regularlas. Un ejemplo de estas pruebas sería la utilizada por Gross y Levenson (1997) para evaluar las diferencias entre razas a la hora de suprimir emociones. En este estudio, los participantes visualizaron fragmentos de vídeos neutros, tristes o divertidos. Uno de los grupos inhibió su comportamiento expresivo asociado a la emoción mientras que el otro grupo se limitó a visualizar los fragmentos de video.

Aunque estos instrumentos han demostrado ser muy eficientes en discriminar entre poblaciones, por ejemplo, entre población clínica y población no-clínica, presentan algunas limitaciones que hacen poco apropiados para ciertos grupos poblacionales, especialmente con aquellos que son reacios a ser evaluados, como son los adolescentes.

El estudio de la regulación emocional en niños y adolescentes es un campo relativamente nuevo, donde la literatura existente destaca cuatro formas de medir y evaluar estos procesos regulatorios (Adrian et al., 2011):

- 1.- *La metodología del auto-informe o (self-report methodologies)*. Esta metodología proporciona una evaluación importante de la regulación emocional incluso cuando el estudiado es un niño (Durbin, 2010), basándose en la premisa de que sólo uno mismo es capaz de evaluar

y discriminar, entre una serie de niveles, su capacidad emocional. Esta metodología tiene la limitación, al igual que el explicado en apartados anteriores, de que el sujeto bajo análisis, en este caso niños o adolescentes, tienen que ser conscientes de las emociones que sienten, recordar experiencias emocionales pasadas y luego saber expresarla para su interpretación (Zeman et al., 2007).

- 2.- Otros informantes. Este método se basa en el interrogatorio de personas cercanas a los niños y adolescentes, como pueden ser los padres o los profesores. Esta metodología, a diferencia del auto-informe, proporciona una visión de la regulación emocional de los niños sobre diversos contextos sociales. Aunque a simple vista la información obtenida puede parecer que ofrece un mayor valor que la que ofrecen los auto-informes, hay que destacar que esta se encuentra expuesto a un sesgo, que podría ser la psicopatología de los padres, lo que puede afectar significativamente a las calificaciones de la regulación (Fergusson, et al., 1993).
- 3.- Los métodos de observación. Las expresiones faciales y el análisis de los gestos corporales ofrece una gran información sobre las experiencias emocionales de los niños y adolescentes. Sin embargo, estas técnicas presentan la limitación de que con ellas sólo se pueden medir algunas expresiones externas, los procesos internos que conlleva a esa respuesta no serían posible cuantificarla, al igual que la capacidad humana para disimular una expresión emocional falsearía las conclusiones (Saarni, 1984).
- 4.- Indicadores fisiológicos-biológicos. La literatura científica reciente ha demostrado que existen una serie de circuitos neuronales que participan en el procesamiento emocional y sufren de variaciones durante la fase de la adolescencia (Goldin et al., 2008; Gieed et al., 1999).

1.2.4 Mejorando los instrumentos de evaluación y entrenamiento de estrategias de regulación emocional

Una de las limitaciones que tienen los instrumentos tradicionales de evaluación y entrenamiento de estrategias de regulación emocional, es la falta de motivación que estos producen debido a que son tareas aburridas, monótonas y poco atractivas, sobre todo para los adolescentes. Si el objetivo es enseñar y evaluar estrategias de regulación emocional en adolescentes, este proceso tendrá que ser lo más interesante posible para asegurar así una implicación por parte de los adolescentes en la realización de las tareas a desarrollar para que, de este modo, el entrenamiento tenga el efecto deseado.

Recientemente, se han empezado a utilizar técnicas basadas en el uso de nuevas tecnologías interactivas, como la realidad virtual, que permite influir sobre ciertos aspectos del proceso de formación de la regulación emocional. La realidad virtual es una tecnología que permite la creación de entornos en los que se puede interactuar con cualquier objeto en tiempo real y que puede ser usado para fines educativos y de aprendizaje. Además, los avances tecnológicos actuales han influido notablemente en la evolución de las interfaces y de las técnicas de navegación, lo que ha mejorado la capacidad de inmersión y persuasión de la realidad virtual, proporcionando beneficios en la experiencia virtual.

En esta misma línea, el uso de “juegos serios” sobre los sistemas de realidad virtual y los nuevos avances en las tecnologías de la información y comunicación se ha traducido en el desarrollo de herramientas muy atractivas en el campo de la regulación emocional, ya que estos sistemas poseen una gran capacidad de inmersión y de persuasión apropiado para las tareas de evaluación e intervención, además de por su gran parecido a los videojuegos.

Otra limitación que poseen los instrumentos tradicionales en la evaluación de la regulación emocional es la falta de objetividad de los resultados que

ofrecen, ya que como se ha mencionado en el apartado anterior, estos son obtenidos a través de las respuestas que los sujetos proporcionan a una serie de preguntas relacionadas con sus emociones y con su forma de procesarlas. Esta limitación podría ser resuelta mediante el empleo de la monitorización fisiológica, la cual proporciona información complementaria más objetiva que los métodos tradicionales.

1.2.4.1 Realidad Virtual

La realidad virtual, como se ha indicado en el apartado anterior, es un sistema tecnológico mediante el cual es posible emular una realidad sintética a través del uso de uno o varios ordenadores. En esta realidad, el usuario puede interactuar en tiempo real con los distintos elementos del ambiente y experimentar la sensación de encontrarse físicamente presente en ese lugar o espacio. Se trata, pues, de una tecnología que a través de gráficos en tres dimensiones permite la interacción y la inmersión en ese ambiente que emula la realidad a través de la estimulación de los canales sensoriales (oído, vista, olfato y tacto). Se dice entonces que la experiencia vivida es “virtual” debido a que los estímulos a los que los participantes son sometidos son producidos por un sistema informático. El término “realidad virtual”, fue utilizado por primera vez en 1989 por Jaron Lanier (Krueger, 1991), pero realmente se atribuye su creación a los estudios antecedentes de Sutherland (1965).

La aportación de la realidad virtual como tecnología es la capacidad de generar espacios altamente inmersivos e interactivos. Los ambientes virtuales están creados a partir de estímulos de distintas clases que se dirigen de manera sincronizada a los sentidos. De esta forma, se simulan las principales percepciones de una persona, presentando estímulos visuales, auditivos, olfativos y en algunos casos sensaciones táctiles, con la ayuda dispositivos especiales. Mientras el participante recibe estos estímulos generados y/o controlados por el ordenador, deja de recibir información del ambiente real en el que se encuentra. Cuando esto ocurre se dice que el

sujeto deja de encontrarse presente en el espacio real y pasa a encontrarse presente en el espacio virtual. A esto se le conoce como “sentido de presencia” y hace referencia a la sensación del usuario de estar en el entorno virtual, estando influida tanto por parámetros tecnológicos del sistema como también por factores subjetivos que dependen del usuario del sistema. Por otro lado, a la capacidad del sistema para conseguir que la persona atienda únicamente al ambiente virtual, es conocido como “inmersión” (Botella et al., 1998), siendo éste un parámetro tecnológico que depende de la cantidad de aislamiento que produce los sistemas o las tecnologías empleadas al usuario respecto del mundo real.

Los dispositivos utilizados en los ambientes virtuales también juegan un papel importante en el desarrollo de experiencias virtuales satisfactorias. Se puede distinguir entre dispositivos de entrada y de salida. Los dispositivos de entrada son los que permiten al usuario comunicarse con el entorno virtual, pueden ir desde un sencillo joystick o un teclado hasta un guante que permita capturar los movimientos de los dedos o un tracker que capture posturas. Por el contrario, los dispositivos de salida permiten al usuario ver, oír, oler o tocar, todo lo que ocurre en el entorno virtual. Entre los dispositivos visuales se puede encontrar un gran abanico de posibilidades, desde los más sencillos o menos inmersivos (monitor de un ordenador), hasta los más inmersivos como pueden ser los cascos de realidad virtual o “Head Mounted Displays” o los sistemas CAVE (**Figura 1.5**).

Desde su surgimiento, la realidad virtual ha diversificado sus campos de aplicación, desde consolas de videojuegos hasta entrenamiento militar, diseño arquitectónico. Educación, aprendizaje y entrenamiento de habilidades sociales, simulación de procedimientos quirúrgicos, asistencia a personas de la tercera edad o tratamientos psicológicos son otros campos en los que está irrumpiendo con fuerza la realidad virtual.

Son muchas las posibilidades que permite el uso de la realidad virtual como estímulo, en sustitución de los estímulos reales. Pero, si por algo se

caracteriza la realidad virtual, es porque permite recrear experiencias, que en el mundo real serían imposibles, con un realismo elevado. Es por ello que la RV es muy utilizada en investigaciones sobre nuevas formas de aplicar tratamiento psicológicos, por ejemplo, a problemas derivados de fobias (agorafobia, fobia a volar, etc.). O, simplemente, se usa como mejora de los tradicionales sistemas de rehabilitación motora, desarrollando juegos que amenicen las tareas. A continuación se detallaran algunos ejemplos del uso de la realidad virtual en el campo de las emociones.

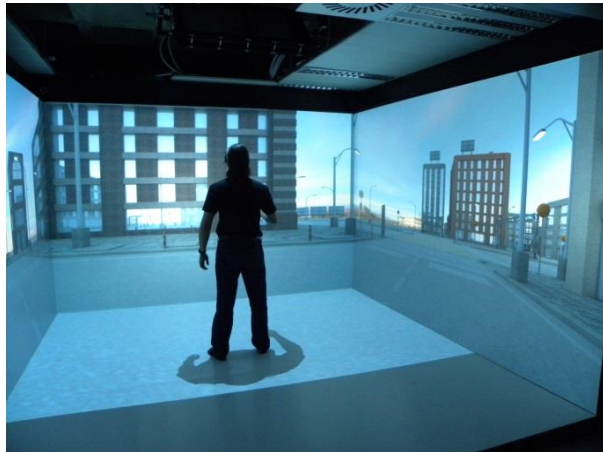


Figura 1.5. a) sistema Head Mounted Display (Oculus Rift); b) sistema CAVE

Los procedimientos de inducción emocional, o MIP, permiten evocar un estado emocional transitorio en un ambiente emocional controlado. Estos procedimientos permiten profundizar en el concepto de la emoción y de su relación con la cognición humana (Palacios et al. 1999). Muchos estudios han confirmado la eficacia, tanto de forma independiente, como combinada, de los procesos de inducción tradicionales (música, imágenes afectivas, fragmentos de películas, frases autorreferentes, etc.) y a su vez han evaluado la importancia de la participación de cada uno de nuestros sentidos en la percepción de las experiencias emocionales generadas.

Entre las teorías que explican el poder de los ambientales emocionales generados a partir de procedimientos como los de inducción emocional, se encuentra el modelo de psicología ambiental de Mehrabian y Russell (1974), el cual adaptado a tecnologías de la información y comunicación, como la realidad virtual, ofrece nuevas posibilidades de los procedimientos emocionales, permitiendo generar entornos virtuales emocionales en los que es posible “crear experiencias emocionales específicas” que, a su vez, pueden ser enriquecidas con la combinación en “tiempo real” de elementos del mundo físico. Estas teorías demuestran que los entornos virtuales pueden ser útiles como MIP, ya que la realidad virtual puede simular desde experiencias personales propias del sujeto, como traumas o fobias, hasta experiencias que en el mundo real no podrían realizarse, como viajar a mundos lejanos.

Baños et al. (2000) y Baños et al. (2007) desarrollaron y sometieron a prueba la eficacia de unos entornos virtuales implementados con el único fin de inducir estados emocionales. Se trata de unos parques en realidad virtual, los cuales utilizan varios MIPs con el objetivo de generar determinados estados emocionales, tanto positivos (alegría y relax) como negativos (ansiedad y tristeza), de una forma controlada.

En esta misma línea, Baños et al. (2006) desarrollaron unos entornos virtuales que ayudaban a trabajar el procesamiento de las emociones. Este

entorno se enfocó, principalmente, en el tratamiento psicológico, siendo su objetivo evocar emociones que estuvieran asociadas a diferentes situaciones que pudieran provocar un problema psicológico, como un trauma, un duelo o estrés postraumático (Baños et al., 2009). Para tal fin, se aprovechó una de las ventajas de la realidad virtual como es poder tener un ambiente controlado en donde poder estudiar al paciente sin que este sufra daño alguno. De este modo se creó un dispositivo adaptable y personalizado que tenía el objetivo de manejar las reacciones emocionales a través de simbología y aspectos personalizados donde el sujeto podía confrontar sus temores a través de un ambiente seguro. Por su parte, Riva et al. (2007) evaluó el uso de entornos virtuales como herramienta que puede evocar emociones concretas, analizando la relación entre sentido de presencia y las emociones percibidas (ansiedad o relax). Sus resultados confirmaron que los entornos virtuales son un medio eficaz para inducir diferentes estados emocionales.

En otro estudio, Manzoni et al. (2008) utilizaron un entorno virtual con sonidos ambientales y narrativa de relajación muscular progresiva, para el entrenamiento en relajación de un grupo de pacientes con obesidad; sus resultados demostraron que el entorno virtual fue eficiente en el entrenamiento de la relajación.

Pero la realidad virtual no solo se ha utilizado para la inducción de emociones, estudios previos demuestran que la realidad virtual es un buen apoyo en el campo de la salud mental o psicología clínica. Por ejemplo, la realidad virtual puede usarse para diseñar entornos virtuales apropiados para el tratamiento de diferentes problemas psicológicos como la claustrofobia (Botella et al., 1998), la fobia a volar (Botella et al., 2004), las fobias a animales pequeños como cucarachas o arañas (Wrzesien et al., 2013) o agorafobia (Quero et al., 2013), acrofobia (Juan et al., 2006) o trastornos alimentarios (Perpiñá et al., 2003).

Como puede observarse las tecnologías como la realidad virtual han tenido una inserción favorable en los últimos años en diferentes ámbitos. Tal y como señala Gaggioli (2001), el uso de la realidad virtual en investigación ha demostrado tener una validez ecológica, ya que se puede situar al sujeto experimental en entornos que asemejan la realidad casi como si se hiciera en el entorno real; se pueden controlar mucho mejor las variables ambientales; aspecto que en los entornos reales, a veces es difícil de lograr. La realidad virtual es “flexible”; generalmente, los entornos virtuales son sistemas escalables y modificables lo que permite adaptarlos sin mayor complicación a las necesidades de la persona y los objetivos de la investigación.

1.2.4.2 Juegos Serios

Los juegos serios pueden definirse como juegos diseñados para un propósito distinto al del entretenimiento. Estos juegos serios no sólo abarcan los mismos objetivos que los juegos de entretenimiento educativo (“edutainment”), sino que se extienden mucho más allá de la enseñanza y la memorización, complementándose con todos los aspectos de la educación (enseñanza, entrenamiento e información) pudiendo incluso ser diseñados para todas las edades (Michael & Chen, 2006). Es por ello que los juegos serios pueden ser aplicados en un amplio espectro de áreas tan diversas, como podrían ser el militar, el gubernamental, el educacional, el corporativo e incluso en el campo de la salud.

La utilización de estos juegos serios para la psicoeducación es un concepto que surgió en la década de los años 80, pero la investigación sobre este campo ha sido limitada debido a los altos costes económicos y de desarrollo y a la experiencia técnica requerida para desarrollar juegos atractivos que ayuden realmente a cumplir con las necesidades de la psicoeducación. Además muchos estudios previos se centraron en destacar de forma partidaria los efectos negativos de los juegos de ordenador, sugiriendo riesgos tales como la aparición de comportamientos adictivos e incrementos de la agresividad y violencia (Gentile et al., 2004).

A pesar de estas contraindicaciones, algunos investigadores con experiencia en psicología y psicoterapia empezaron a desarrollar sus propios juegos (Allen, 1984; Oakley, 1995; Resnick & Sherer, 1994) o a examinar el potencial de juegos existentes para sus objetivos (Allen, 1984; Gardner, 1991). Estos investigadores destacaron, además, algunos beneficios que estos juegos tienen:

- Los juegos pueden captar la atención de personas cuya atención difícilmente se captaría con otras técnicas. Los pacientes eran más cooperativos con sus terapeutas, de hecho algunos de ellos llegaron a desarrollar relaciones terapéuticas efectivas. Las tasas de asistencia a las sesiones se incrementaron y el estigma que se sentía al asistir a sesiones de terapia fue reducido (Allen, 1984).
- Los juegos pueden ayudar a los adolescentes a desarrollar más confianza en uno mismo, un sentido de control, y mayor predisposición para aceptar responsabilidades (Allen, 1984).
- Los juegos pueden ayudar a los niños a disminuir su agresividad, desarrollar técnicas para resolución de problemas y tratar con aspectos tanto negativos como positivos dentro del juego (Gardner, 1991).

En estudios más recientes, los investigadores han empezado a mostrar la efectividad de los “juegos serios” en el tratamiento de problemas de ansiedad y de atención (Pope et al., 2001), o su efectividad como herramienta de educación de distintas habilidades, como son el pensamiento estratégico, planificación, comunicaciones, colaboración, toma de decisiones en grupo y técnicas de negociación (Kirriemuir & McFarlane, 2004; Squire 2003). De acuerdo con la literatura, los beneficios de estos juegos incluirían un aumento de la atención, en participantes cuya atención es difícil de captar con otros medios tradicionales, una mayor motivación, una mayor autoestima y un mayor conocimiento sobre el cuidado de la salud y la autoeficacia (Allen, 1984).

Otros, en cambio, se han aprovechado de la capacidad de persuasión de los entornos simulados para educar en salud. Especialmente en población adolescente, la utilización de juegos facilita la motivación y ayuda a que los participantes se involucren en cualquier actividad que desarrollen. Los juegos permiten a los usuarios vivir situaciones que son imposibles en el mundo real por razones de seguridad, coste, tiempo, etc. (Corti, 2006; Squire & Jenkins, 2003). En los distintos estudios que se han ido planteando a lo largo de los años, se ha mostrado de manera consistente que los juegos promueven el aprendizaje (van Eck, 2006).

Ejemplo de esto sería el proyecto Playmancer (Moussa et al., 2009). Playmancer es un Proyecto Europeo que desarrolló un sistema que utiliza reconocimiento multimodal de emociones, en combinación con la realidad virtual, para el entrenamiento de estrategias de regulación emocional, con la intención de ser usado como herramienta en el tratamiento de trastornos psicológicos y comportamentales. En otro Proyecto Europeo, REPLAY (Ibañez et al., 2010), se desarrolló un sistema basado en un entorno de realidad virtual con interfaces exocéntricas con avatares y tecnologías de tracking de bajo coste para mejorar la implicación emocional de los participantes (estudiantes con problemas comportamentales) y entrenarlos en técnicas de regulación emocional.

En el campo de la prevención de la violencia en adolescentes, Bosworth et al. (1998) crearon una herramienta multimedia y la administraron con éxito a 119 adolescentes. Otra herramienta interesante es el Programa Sinesio, un juego de plataforma que fomenta la educación en valores y las habilidades para vencer la presión del grupo en el inicio del consumo de drogas. Lezin y Thouin (2000) crearon un programa de ordenador para promover hábitos saludables en adolescentes. En otro ámbito, Schwinn y Cole (2006) utilizaron un programa de ordenador junto a intervención familiar para prevenir el abuso de alcohol en adolescentes, y en el seguimiento a los 4

años el 90% de la muestra informó que seguía utilizando las técnicas aprendidas y no abusaban del alcohol.

1.2.4.3 Medidas fisiológicas

Dentro de la flexibilidad que ofrece tanto la realidad virtual como los juegos serios sería la de incorporar sistemas de evaluación complementarios a los clásicos usados para la regulación emocional que ofrezca una visión más objetiva, como podrían ser el análisis de señales fisiológicas. Un ejemplo de esta combinación sería el proyecto Playmancer (Conconi et al., 2008).

Las señales fisiológicas son las respuestas corporales que se generan en un sujeto, originadas por los cambios electroquímicos que se producen en las neuronas, en los músculos y en las células glandulares que conforman el organismo del sujeto, provocando señales específicas de carácter eléctrico. Estas señales se expanden a través de la superficie de la piel, pudiendo sufrir cambios en su morfología. Es por esto que entender cómo se generan los potenciales bioeléctricos será de gran ayuda para entender el funcionamiento de los potenciales de superficie que son producidos como respuestas psicofisiológicas a estímulos.

Muchos estudios han analizado las respuestas fisiológicas de sujetos que practicaban diferentes estrategias de regulación emocional mientras eran expuestos a situaciones de alto contenido emocional, tanto positivo como negativo. Por ejemplo, Campbell-Sills et al. (2006) compararon los efectos fisiológicos de dos estrategias de regulación emocional (supresión y aceptación) en individuos con trastornos emocionales. El experimento consistió en una inducción emocional negativa por medio de un fragmento de película, mientras los sujetos aplicaban una de estas dos estrategias.

Existen muchas y diferentes medidas fisiológicas que se han analizado en el campo de la detección y regulación emocional, las más comunes están basadas en respuestas electroencefalográficas (EEG), electrocardiográficas

(ECG) o conductividad de la piel (SC). Estos dispositivos son en su mayoría dispositivos muy precisos que tienen como desventaja su elevado precio y la dificultad de manejarlos. Sin embargo, la reciente aparición en el mercado de dispositivos portátiles EEG, ECG y SC, proporciona una solución barata y práctica, en donde se puede registrar una señal de buena calidad con una gran portabilidad (Zhang et al., 2010).

En los siguientes apartados se describirán de forma resumida el sistema nervioso, sistema causante de dichas señales fisiológicas, y se explicarán con mayor detalle las señales EEG y ECG, las cuales fueron utilizadas en la investigación realizada en la presente tesis doctoral.

1.2.4.3.1 El sistema nervioso

El sistema nervioso es el encargado de controlar la función corporal y generar las respuestas fisiológicas medidas y utilizadas en estudios psicofisiológicos (Andreassi, 2000; Stern et al., 2001). El sistema nervioso del ser humano está compuesto por 100 billones de células nerviosas; el conocimiento de su organización es de utilidad para la comprensión de su labor en el organismo.

El sistema nervioso, por lo tanto, está compuesto por células especializadas (neuronas) cuya labor es la de recibir y transmitir estímulos procedentes de los sentidos hacia los órganos efectores encargados de realizar una tarea específica. Las neuronas se estructuran en forma de bloques reflejando, de este modo, su origen y su destino. Estos bloques son conocidos como nervios, en el sistema nervioso periférico, y se extiende por todo el sistema nervioso central. Es decir, el sistema nervioso periférico es una red de nervios cuya función es la de servir de enlace entre el sistema nervioso central y el resto del organismo.

Dentro del sistema nervioso se encuentra el sistema nervioso autónomo, el cual es el encargado de controlar la gran diversidad de funciones viscerales

del organismo, siendo su función principal la de mantener el complejo equilibrio del organismo tanto a respuestas provocadas por el medio interno como a los estímulos exteriores, afectando directa o indirectamente a todos los órganos que conforman el cuerpo de forma involuntaria. Así pues, el sistema nervioso autónomo es el responsable de ajustar el organismo anticipadamente para responder, por ejemplo, al estrés, controlando parcialmente la tensión arterial, la sudoración, la temperatura corporal o la regulación del músculo cardíaco; todo esto de forma automática y con gran celeridad. La funcionalidad de este sistema es repartido entre otros dos subsistemas: el sistema simpático y el sistema parasimpático. El papel que desempeña el sistema simpático es fundamental para la protección del organismo, ya que ofrece una respuesta rápida y efectiva ante cualquier estímulo exterior que pueda significar una amenaza para la integridad del individuo. En cambio, el sistema parasimpático tendría como función la conservación y el restablecimiento de la energía del organismo.

1.2.4.3.2 Electroencefalograma (EEG)

La electroencefalografía es una técnica de registro no invasiva de la actividad eléctrica o señal del electroencefalograma (EEG), procedente del cuero cabelludo, relacionada con la actividad cortical y, por consiguiente, con el sistema nervioso central. El primer científico en describir dicha señal EEG en humanos fue el psiquiatra de origen alemán Hans Berger en 1929. Berger estudió y determinó que las actividades cerebrales se relacionaban con las ondas del EEG y no con otras actividades fisiológicas, como podrían ser el flujo de sangre cerebral, el flujo de sangre de las venas del cuero cabelludo, la actividad cardíaca, la actividad muscular o los movimientos de los ojos (Cacioppo et al., 2007; Stern et al. 2001; Andreassi, 2000; Ron 2005). Dichos estudios, los cuales inicialmente generaron una cierta suspicacia en la comunidad científica, forman actualmente los pilares de todos los estudios en el campo de la electroencefalografía.

Las señales bioeléctricas procedentes del cerebro, son producidas como consecuencia de la actividad sináptica o neuronal específica de las diferentes regiones que forman el cerebro. Por este motivo, un sensor colocado en el cuero cabelludo de un sujeto registrará la actividad de millones de neuronas trabajando de forma desincronizada. Para obtener una actividad global mínima, será necesario que un conjunto de neuronas próximas entre sí empiecen a trabajar de forma síncrona (**Figura 1.6**). Cuando esto ocurre, entonces se puede observar ondas de diferentes amplitud y frecuencia, dependientes del nivel de sincronía que estas tengan. De este modo, la señal más predominante que el EEG registra en la superficie refleja la actividad eléctrica asociada a la suma de los potenciales postsinápticos sincronizados y producidos por las neuronas piramidales orientadas verticalmente y, sumándose temporal y espacialmente en la corteza originando dipolos entre las zonas más superficiales y las más profundas (Fisch, 1999; Bear et al., 2007). Estos dipolos provocan unos movimientos de cargas eléctricas que generan campos eléctricos que son propagados por el cuero cabelludo y registrados como señal eléctrica en el EEG.

En resumen, los electrodos situados en el cuero cabelludo registran la suma de los potenciales postsinápticos de neuronas situadas por debajo de la corteza cerebral, favoreciendo los cambios de potenciales lentos y simultáneos, generados en las áreas corticales de las neuronas piramidales orientadas, que a su vez se encuentran en paralelo entre ellas y perpendiculares al cuero cabelludo. El tejido que se encuentra situado entre las neuronas generadoras de señal y los electrodos del registro, genera un volumen conductor en donde la corriente eléctrica se propaga (**Figura 1.6**). Además, la amplitud de la señal registrada dependerá en gran medida, tanto del grado de sincronización de los potenciales postsinápticos, como de la orientación de las neuronas piramidales respecto al punto de colocación del sensor, como del tamaño del área de activación de la corteza.

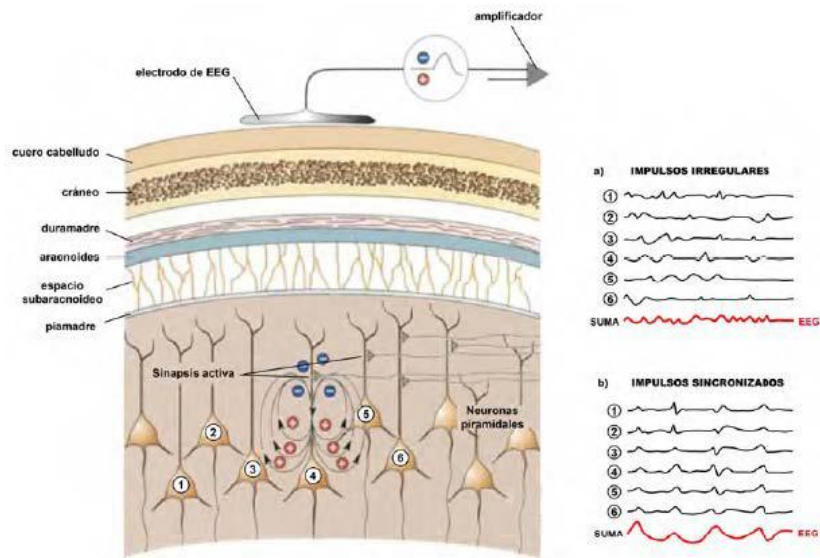


Figura 1.6. Esquema de generación de un potencial EEG como suma de corrientes sinápticas de las neuronas piramidales. Figura traducida y modificada de Bear et al. (2007).

La actividad del EEG genera, por lo tanto, una amplitud pequeña, del orden de $5\mu\text{V}$ a $200\mu\text{V}$ y una frecuencia de oscilación que va desde los 0.5 Hz hasta los 100 Hz, lo que demuestra la dificultad de registrar y la facilidad que tienen a ser distorsionadas por otros agentes (Niedermeyer, 1993). En cambio, la importancia de esta señal radica principalmente en su alta resolución temporal, lo que permite obtener muestra de señales desde milisegundos.

Pero es esa elevada resolución temporal que posee EEG (milisegundos) lo que permite a los científicos investigar no sólo las fluctuaciones de la actividad EEG (es decir, incrementos y decrementos) sino que también es posible diferenciar entre actividades inhibitorias y excitantes entre una muestra de sujetos (Cacciopo et al. 2007). Como regla general, las bajas frecuencias muestran una amplitud sincronizada larga mientras que las altas

frecuencias muestran una baja amplitud debido al alto grado de desincronización en la actividad neuronal.

De la actividad cerebral registrada por los electrodos, es posible realizar dos tipos de medidas (Ron et al. 2006):

- Oscilaciones continuas de potencial que forman el EEG. Éste, en resumen, sería como el análisis de los ritmos de la actividad cerebral u ondas del EEG.
- Cambios de potencial que surgen como respuesta a la aparición de determinados eventos, el cual puede ser interno o externo al sujeto. Estos potenciales son conocidos como potenciales relacionados con eventos o “event-related potentials” y se derivan del propio EEG.

1.2.4.3.3 Electrocardiograma (ECG)

La actividad eléctrica del corazón es posible registrarla a través de la superficie de la piel, siendo medida por una técnica conocida como electrocardiografía a través de un electrocardiograma (ECG).

El impulso eléctrico (**Figura 1.7**) es generado en el nodo sinusal (nodo SA), que está formada por una pequeña masa de tejido localizado en la parte superior de la aurícula derecha (atrio derecho). El nodo SA genera regularmente impulsos eléctricos (de 60 a 100 veces por minuto en condiciones normales). Será en este punto donde el impulso inicial desencadenará la contracción del corazón, debido a que el estímulo eléctrico viaja a través de las vías de conducción (como si de un cable se formase) haciendo que las cavidades bajas del corazón se contraigan y bombeen la sangre hacia fuera. Los atrios derecho e izquierdo (las 2 cavidades superiores del corazón) son estimulados, en primer lugar, y se contraen durante un breve período de tiempo antes de que lo hagan los ventrículos derecho e izquierdo (las 2 cavidades inferiores del corazón). El impulso

eléctrico pasará desde el nodo SA por las aurículas al nodo aurículo-ventricular (nodo AV), donde se retrasará durante un breve instante para que, posteriormente, continúe por la vía de conducción a través del haz de His hacia los ventrículos. El haz de His está dividido en dos ramas, la rama derecha y la rama izquierda, y se encarga de proveer estímulos eléctricos a los dos ventrículos. En condiciones normales, mientras el impulso eléctrico se mueve por el corazón, éste se contrae entre 60 y 100 veces por minuto. Cada contracción de los ventrículos representa un latido. Los atrios se contraen una fracción de segundo antes que los ventrículos para que la sangre que contienen se vacíe en los ventrículos antes de que estos se contraigan.

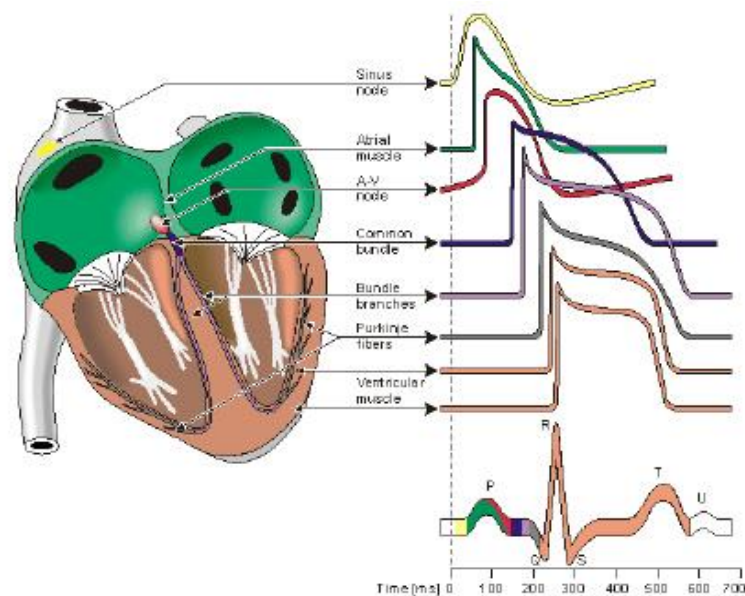


Figura 1.7. Formación de la señal cardíaca. Imagen obtenida de Electrocardiografía (2014), en Wikipedia.

A través de la señal cardíaca se puede obtener la conocida como variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV, del inglés Heart Rate Variability). HRV se define como la variación de la frecuencia cardíaca durante un intervalo de

tiempo en un análisis de períodos biológicos consecutivos. Esta variación se puede obtener mediante, primero, la detección de las ondas R, de un registro cardíaco y, segundo, calculando el tiempo entre ondas R consecutivas obteniendo así una nueva señal RR. Esta nueva señal permite medir el período cardíaco, siendo su inversa la señal de la frecuencia cardíaca. El HRV es producido, por lo tanto, por las interacciones entre el sistema nervioso autónomo (sistema simpático y parasimpático) y el sistema cardiovascular.

Las fibras parasimpáticas estarían distribuidas principalmente en los nodos sinoauricular (Sinus Node,SA) y auriculoventricular (AV node), teniendo muy poca relevancia en la distribución de los ventrículos. La función principal es la disminución de la frecuencia cardíaca por disminución de las descargas al nodo SA y disminución de la excitabilidad de las fibras de AV con retraso de la conducción. Un estímulo muy intenso puede detener por completo el nodo SA y bloquear la conducción AV. Esto afecta mínimamente a la contracción ventricular.

Sin embargo, las fibras simpáticas se distribuyen de forma similar a las del parasimpático tanto en el nodo SA como en el AV, pero poseen la cualidad de tener una distribución ventricular mucho más influyente. La función principal cuando se estimula, es la de provocar un aumento de la frecuencia cardíaca, de la tensión arterial media y de la contracción del ventrículo izquierdo, sin modificar de forma sustancial la frecuencia cardíaca.

1.3 Referencias bibliográficas

Adrian, M., Zeman, J., & Veits, G. (2011). Methodological implications of the affect revolution: A 35-year review of emotion regulation assessment in children. *Journal of experimental child psychology*, 110(2), 171-197.

- Allen, D. H. (1984). The use of computer fantasy games in child therapy. Using computers in clinical practice: Psychotherapy and mental health applications, 329-334.
- Andreassi, J. L. (2000). Psychophysiology: Human behavior & physiological response. Psychology Press.
- Arnold, M. B. (1960). Emotion and personality. New York: Columbia University Press.
- Baños, R. M., Botella, C., García-Palacios, A., Villa, H., Perriera, C., y Alcañiz, M. (2000). Presence and reality judgment in virtual environments: A unitary construct. *Cyberpsychology & Behavior*, 3(3), 327-335.
- Baños, R., Botella, C., Rubio, I., Quero, S., García-Palacios, A., y Alcañiz, M. (2007). Presence and emotions in virtual environments: The influence of stereoscopy. *Cyberpsychology & Behavior*, 11(1), 1-8.
- Baños, R., Guillén, V., García-Palacios, A., & Castilla, D. (2006). Clinical issues in the application of virtual reality to treatment of PTSD. *Novel Approaches to the Diagnosis and Treatment of Posttraumatic Stress Disorder*, 6, 183.
- Baños, R.M., Botella, C., Guillén, V., García-Palacios, A., Quero, S., Bretón-López, J., Alcañiz, M. (2009). An adaptive display to treat stress-related disorders: EMMA's world. *British Journal of Guidance & Counselling*, vol. 37(3), pp. 347–356.
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (Eds.). (2007). *Neuroscience* (Vol. 2). Lippincott Williams & Wilkins.
- Bosworth, K., Espelage, D., & DuBay, T. (1998). A computer-based violence prevention intervention for young adolescents: Pilot study. *Adolescence*, 33(132), 785-796.

- Botella, C. Osma, J., García-Palacios, A., Quero, S. & Baños, R.M. (2004). Treatment of flying phobia using virtual reality: Data from a 1-year follow-up using a multiple baseline design. *Clinical Psychology and Psychotherapy*, 11, 311-323.
- Botella, C., Baños, R., Perpiñá, C., Villa, H., Alcañiz, M., Rey, A. (1998). Virtual reality treatment of claustrophobia: A case report. *Behaviour Research and Therapy*, 36(2), 239-246.
- Braddick, F., Carral, V., Jenkins, R., & Jane-Llopis, E. (2009). *Child and Adolescent Mental Health in Europe: Infrastructures, Policy and Programmes*. Luxembourg: European Communities.
- Buck, R. (1985). Prime theory: An integrated view of motivation and emotion. *Psychological review*, 92(3), 389.
- Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G., & Berntson, G. G. (Eds.). (2007). *Handbook of psychophysiology (Vol. 2)*. New York: Cambridge University Press.
- Campbell-Sills, L., Barlow, D.H., Brown, T.A., Hofmann, S.G. (2006). Effects of suppression and acceptance on emotional responses of individuals with anxiety and mood disorders. *Behaviour Research and Therapy* 44, 1251-1263.
- Campos, J. J., & Stenberg, C. (1981). Perception, appraisal, and emotion: The onset of social referencing. *Infant social cognition: Empirical and theoretical considerations*, 273, 314.
- Cicchetti, D., & Toth, S. L. (1995). A developmental psychopathology perspective on child abuse and neglect. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 34(5), 541-565.
- Cole, P. M., Martin, S. E., & Dennis, T. A. (2004). Emotion regulation as a scientific construct: Methodological challenges and directions for child development research. *Child development*, 75(2), 317-333.

- Conconi, A., Ganchev, T., Kocsis, O., Papadopoulos, G., Fernández-Aranda, F., & Jiménez-Murcia, S. (2008, November). Playmancer: A serious gaming 3d environment. In *Automated solutions for Cross Media Content and Multi-channel Distribution, 2008. AXMEDIS'08. International Conference on* (pp. 111-117). IEEE.
- Corti, K. (2006). Games-based Learning; a serious business application. *Informe de PixelLearning*, 34(6), 1-20.
- Chambers, R., Gullone, E., & Allen, N. B. (2009). Mindful emotion regulation: An integrative review. *Clinical psychology review*, 29(6), 560-572.
- Chen, M., & Bargh, J. A. (1997). Nonconscious behavioral confirmation processes: The self-fulfilling consequences of automatic stereotype activation. *Journal of Experimental Social Psychology*, 33(5), 541-560.
- Damasio, A. (1999) *The feelings of what happens*. New York. Harcourt, Brace.
- Davidson, R. J., Putnam, K. M., & Larson, C. L. (2000). Dysfunction in the neural circuitry of emotion regulation--a possible prelude to violence. *Science*, 289(5479), 591-594.
- Diener, E., Suh, E. M., Lucas, R. E., & Smith, H. L. (1999). Subjective well-being: Three decades of progress. *Psychological bulletin*, 125(2), 276.
- Durbin, C. E. (2010). Validity of young children's self-reports of their emotion in response to structured laboratory tasks. *Emotion*, 10(4), 519.
- Ekman, P. (1971). Universals and cultural differences in facial expressions of emotion. In *Nebraska symposium on motivation*. University of Nebraska Press.

- Electrocardiografo (2014). En Wikipedia. Recuperado el 09 de Diciembre de 2014, <http://es.wikipedia.org/wiki/Electrocardi%C3%B3grafo>
- Fergusson, D. M., Lynskey, M. T., & Horwood, L. J. (1993). The effect of maternal depression on maternal ratings of child behavior. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 21(3), 245-269.
- Fisch, B. J., & Spehlmann, R. (Eds.). (1999). *Fisch and Spehlmann's EEG primer: basic principles of digital and analog EEG*. Elsevier Health Sciences.
- Freud, S. (1977). *Inhibitions, symptoms and anxiety*. WW Norton & Company.
- Frijda, N. H. (1986). *The emotions*. Cambridge University Press.
- Gaggioli, A. (2001). Using virtual reality in experimental psychology. En G. Riva, y C. Galimberti (Eds.). *Towards Cyberpsychology: Mind, Cognition and Society in the Internet Age* (pp. 157-74). Amsterdam: IOS Press.
- Gardner WL, Gabriel S, Diekman A. (1998). *Interpersonal Processes*. See Cacioppo et al. In press.
- Gardner, J. E. (1991). Can the Mario Bros. help? Nintendo games as an adjunct in psychotherapy with children. *Psychotherapy: Theory, Research, Practice, Training*, 28(4), 667.
- Gentile, D. A., Lynch, P. J., Linder, J. R., & Walsh, D. A. (2004). The effects of violent video game habits on adolescent hostility, aggressive behaviors, and school performance. *Journal of adolescence*, 27(1), 5-22.
- Giedd, J. N., Blumenthal, J., Jeffries, N. O., Castellanos, F. X., Liu, H., Zijdenbos, A., ... & Rapoport, J. L. (1999). Brain development

- during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nature neuroscience*, 2(10), 861-863.
- Goldin, P. R., McRae, K., Ramel, W., & Gross, J. J. (2008). The neural bases of emotion regulation: reappraisal and suppression of negative emotion. *Biological psychiatry*, 63(6), 577-586.
- Goleman, D. (2006). *Emotional intelligence*. Random House LLC.
- Gross, J. J. (1998a). Antecedent-and response-focused emotion regulation: divergent consequences for experience, expression, and physiology. *Journal of personality and social psychology*, 74(1), 224.
- Gross, J. J. (1998b). The emerging field of emotion regulation: An integrative review. *Review of general psychology*, 2(3), 271.
- Gross, J. J. (1999). Emotion and emotion regulation. *Handbook of personality: Theory and research*, 2, 525-552.
- Gross, J.J. (2002). Emotion regulation: Affective, cognitive, and social consequences. *Psychophysiology* 39, 281-291.
- Gross, J.J., Levenson, R.W. (1997). Hiding feelings: The acute effects of inhibiting negative and positive emotion. *Journal of abnormal Psychology*, 106, 95-103.
- Gross, J.J., Thompson, R.A.(2007). Emotion Regulation: Conceptual Foundations. In: Gross James J., editor. *Handbook of emotion regulation*. Vol. 2007. New York, NY, US: Guilford Press,. 3–24.
- Gross, J.J.; John, O.P. (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: Implications for affect, relationships, and well-being. *Journal of Personality and Social Psychology* 85(2), 348-362.
- HBSC 2008. *International Report from the 2005/2006 Survey*.
- Ibañez, F., Playfoot, J., Fabregat, M. E., Costa, M., & Torres, S. (2010). *Gaming Technology Platform as a Support Tool for Anti Social*

Behavior prevention in Young People at Risk to be Marginalized.
Social Media for Social Inclusion of Youth at Risk, 29.

- James, W. (1884). II.—What is an emotion?. *Mind*, (34), 188-205.
- Juan, C., Baños, R.M., Botella, C., Pérez, D., Alcañiz, M., Monserrat, C. (2006) An Augmented Reality System for Acrophobia: The Sense of Presence Using Immersive Photography. *Presence: Teleoperators & virtual environments*, 15 (4)393–402.
- Keltner, D., & Kring, A. M. (1998). Emotion, social function, and psychopathology. *Review of General Psychology*, 2(3), 320.
- Kirriemuir, J., & McFarlane, A. (2004). Literature review in games and learning.
- Knapp MRJ (2003). Paper presented at the seminar on Mental Health Economics: new European dimension, Madrid, 03 April 2003.
- Krueger, M. W. (1991). *Artificial reality* (2nd ed.). Reading, MA: Addison-Wesley
- Lazarus, R. S. (1966). Psychological stress and the coping process.
- Lazarus, R. S. (1991). *Emotion and adaptation*. Oxford University Press.
- Lazarus, R. S. (1984). On the Primacy of Cognition. *American Psychologist*, 39(2), 124-29.
- LeDoux, J. (1996). *The Emotional Brain: The Mysterious Underpinnings of Emotional Life*, ed.
- LeDoux, J. (1998). *The emotional brain: The mysterious underpinnings of emotional life*. Simon and Schuster.
- LeDoux, J. E. (1992). Emotion as memory: Anatomical systems underlying indelible neural traces. *The handbook of emotion and memory: Research and theory*, 269-288.

- Levenson, R. W. (1994). Human emotion: A functional view. The nature of emotion: Fundamental questions, 123-126.
- Lewis, M. y Haviland, J.M. (Eds.) (1993). Handbook of emotions. New York: The Guilford Press.
- Lewis, M., Haviland-Jones, J. M., & Barrett, L. F. (Eds.). (2010). Handbook of emotions. Guilford Press.
- Lezin, B., & Thouin, A. (2000). Computer-assisted instruction for adolescent health promotion. *Santé publique*, 12(3), 363-377.
- Manzoni, G. M., Gorini, A., Preziosa, A., Pagnini, P., Castelnuovo, G., Molinari, et al.(2008). New technologies and relaxation: An explorative study on obese patients with emotional eating. *Journal of Cybertherapy & Rehabilitation*, 1(2), 182-192.
- Mehrabian, A., & Russell, J. A. (1974). An approach to environmental psychology. the MIT Press.
- Mennin, D. S., Heimberg, R. G., Turk, C. L., & Fresco, D. M. (2002). Applying an emotion regulation framework to integrative approaches to generalized anxiety disorder. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 9(1), 85-90.
- Michael, D. R., & Chen, S. L. (2005). Serious games: Games that educate, train, and inform. Muska & Lipman/Premier-Trade.
- Moussa, M. B., & Magnenat-Thalmann, N. (2009). Applying affect recognition in serious games: The playmancer project. In *Motion in Games* (pp. 53-62). Springer Berlin Heidelberg.
- Murphy, S. T., & Zajonc, R. B. (1993). Affect, cognition, and awareness: affective priming with optimal and suboptimal stimulus exposures. *Journal of personality and social psychology*, 64(5), 723.

- Myers, D. (2010) *Psychology*. 9th Edition. New York: Worth Publishers. Chapter 12 Emotions, Stress and Health (pp. 497-552)
- Niedenthal, P. M., & Kitayama, S. E. (1994). The heart's eye: Emotional influences in perception and attention. Academic Press.
- Niedermeyer, E. (1993). Historical Aspects. In E. Niedermeyer & F. Lopes da Silva (Eds.), *Electroencephalography: Basic principles, clinical applications, and related fields* (3rd ed., pp. 1–14). Baltimore: Williams & Wilkins.
- Oakley, C. (1995). SMACK: A computer driven game for at-risk teens. *Computers in Human Services*, 11(1-2), 97-99.
- Oschner, K.N., Gross, J.J. (2007). The neural architecture of emotion regulation. In: Gross, J.J., Buck, R. (Eds.), *The Handbook of Emotion Regulation*. Guildford Press, New York, pp. 87-109.
- Palacios, A. G., & Rivera, R. M. B. (1999). Eficacia de dos procedimientos de inducción del estado de ánimo e influencia de variables moduladoras. *Revista de psicopatología y psicología clínica*, 4(1), 15-26.
- Perpiñá, C., Botella, C., Baños, R.M. (2003). Virtual Reality in Eating Disorders. *European Eating Disorders Review*, 11, 261-278
- Phelps, E. A. (2006). Emotion and cognition: insights from studies of the human amygdala. *Annu. Rev. Psychol.*, 57, 27-53.
- Phelps, E. A., & Anderson, A. K. (1997). Emotional memory: what does the amygdala do? *Current Biology*, 7(5), R311-R314.
- Pope, A.T. & Paison, O.S. (2001). Helping video games ‘rewire our minds’. *Proceedings of Playing by the Rules conference*. October 26-27, Chicago, IL.

- Quero, S., Pérez-Ara, M. Á., Bretón-López, J., García-Palacios, A., Baños, R. M., y Botella, C. (2013). Acceptability of virtual reality interoceptive exposure for the treatment of panic disorder with agoraphobia. *British Journal of Guidance & Counselling*. doi: 10.1080/03069885.2013.852159. ISSN: 1469-3534 / 0306-9885. FI: 0.526.
- Resnick, H., & Sherer, M. (1995). Computer Games in the Human Services—A Review. *Computers in Human Services*, 11(1-2), 17-29.
- Riva, G., Mantovani, F., Capideville, C., Preziosa, A., Morganti, F., Villani, D., et al. (2007). Affective interactions using virtual reality: The link between presence and emotions. *Cyberpsychology & Behavior*, 10(1), 45-56.
- Ron Angevin, R. (2005). Retroalimentación en el entrenamiento de una interfaz cerebro computadora usando técnicas basadas en realidad virtual. Tesis Doctoral Universidad de Málaga.
- Saarni, C. (1984). An observational study of children's attempts to monitor their expressive behavior. *Child Development*, 1504-1513.
- Samoilov, A., & Goldfried, M. R. (2000). Role of Emotion in Cognitive Behavior Therapy. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 7(4), 373-385.
- Schachter, S., & Singer, J. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological review*, 69(5), 379.
- Schinke, S., Schwinn, T., & Cole, K. (2006). Preventing alcohol abuse among early adolescents through family and computer-based interventions: Four-year outcomes and mediating variables. *Journal of developmental and physical disabilities*, 18(2), 149-161.
- Schwarz, N., & Clore, G. L. (1996). Feelings and phenomenal experiences. *Social psychology: Handbook of basic principles*, 2, 385-407.

- Sharp, C., Pane, H., Ha, C., Venta, A., Patel, A. B., Sturek, J., & Fonagy, P. (2011). Theory of mind and emotion regulation difficulties in adolescents with borderline traits. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 50(6), 563-573.
- Shields, Ann; Cicchetti, Dante (1997) Emotion regulation among school-age children: The development and validation of a new criterion Q-sort scale. *Developmental Psychology*. Vol 33(6), 906-916.
- Squire, K. (2003). Video Games In Education. *International Journal of Intelligent Simulations and Gaming*, 2(1), 49-62.
- Squire, K., & Jenkins, H. (2003). Harnessing the power of games in education. *Insight*, 3(1), 5-33.
- Stern, R. M., Ray, W. J., & Quigley, K. S. (2001). *Psychophysiological recording*. Oxford University Press.
- Suhrcke, M., Pillas, D., & Selai, C. (2008). Economic aspects of mental health in children and adolescents. Social cohesion for mental well-being among adolescents. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- Sutherland, I. E. (1965). The ultimate display. *Multimedia: From Wagner to virtual reality*.
- Thompson, R. A. (1994). Emotion regulation: A theme in search of definition. *Monographs of the society for research in child development*, 59(2- 3), 25-52.
- Tooby, J., & Cosmides, L. (2008). The evolutionary psychology of the emotions and their relationship to internal regulatory variables. In M. Lewis, J. M. Haviland-Jones, & L. Feldman Barrett (Eds.), *Handbook of Emotions* (3rd ed., pp. 114–137). New York, NY: The Guilford Press.

- van Eck, R. (2006) Digital game-based learning: It's not just the digital natives who are restless. *EDUCAUSEreview*, march/april, 16-30.
- Werner, K. & Gross, J.J. (2010). *Emotion Regulation and Psychopathology. Emotion Regulation and Psychopathology: A transdiagnostic approach to etiology and treatment*. Ed. Guilford Press.
- WHO (2003) *Investing in mental health*. Geneva, World Health Organization
- Wrzesien, M., Raya, M. A., Botella, C., Burkhardt, J. M., Bretón-López, J., Ortega, M., & Brotons, D. B. (2013). The Therapeutic Lamp: Treating Small-Animal Phobias. *IEEE computer graphics and applications*, 33(1), 80-86.
- Zajonc, R. B. (1980). Feeling and thinking: Preferences need no inferences. *American psychologist*, 35(2), 151.
- Zajonc, Robert B. (Capítulo 13) Gilbert, Daniel T. (Ed); Fiske, Susan T. (Ed); Lindzey, Gardner (Ed), (1998). *The handbook of social psychology*, Vols. 1 and 2 (4th ed.). , (pp. 591-632). New York, NY, US: McGraw-Hill, x, 1085 pp.
- Zeman, J., Klimes; Dougan, B., Cassano, M., & Adrian, M. (2007). Measurement issues in emotion research with children and adolescents. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 14(4), 377-401.
- Zhang, B., Wang, J., & Fuhlbrigge, T. (2010, August). A review of the commercial brain-computer interface technology from perspective of industrial robotics. In *Automation and Logistics (ICAL)*, 2010 IEEE International Conference on (pp. 379-384). IEEE.

Capítulo 2.

Objetivos y Estructura de la Tesis

2.1 Objetivos

Esta Tesis Doctoral aborda aspectos relacionados con los instrumentos utilizados en el entrenamiento y la evaluación de las estrategias de regulación emocional. Con este trabajo se pretende hacer una contribución al campo de la regulación emocional, proporcionando un nuevo marco de investigación a través de nuevos instrumentos basados en realidad virtual que pueden ser usados para la inducción emocional y el entrenamiento de estrategias de regulación emocional y, además, en el uso de instrumentos basados en monitorización fisiológica para la evaluación objetiva de dichas estrategias emocionales. De este modo, se pretende dotar a la sociedad de medios eficaces que permitan la prevención de numerosos problemas emocionales y de comportamiento mediante la detección temprana de estrategias de regulación disfuncionales y el entrenamiento en estrategias de regulación adaptativas.

La presente tesis doctoral fue realizada en las instalaciones del grupo Labhuman (I3BH) perteneciente a la Universitat Politècnica de València (UPV) y financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad bajo una beca FPI (BES-2011-043316). La investigación presentada en este trabajo se ha desarrollado dentro de los proyectos de investigación GAMETEEN, financiado con fondos pertenecientes al Ministerio de Economía y Competitividad (TIN2010-20187) y del proyecto EEG-Regulación, financiado por el Vicerrectorado de Investigación de la Universitat Politècnica de València (PAID-06-2011, R.N.1984). Este trabajo ha contado, además, con el apoyo del personal del grupo Labpsitec de la Universitat de València, para el tratamiento de los aspectos psicológicos y con la Escola d'Estiu de la UPV y el Instituto de Educación Secundaria Ramón Llull de València, quien ha permitido el acceso a la población adolescente que participó en los estudios. El objetivo final de esta Tesis Doctoral es, por lo tanto, validar el uso que puede hacerse de las nuevas

tecnologías como la realidad virtual, los juegos serios y la monitorización fisiológica en la evaluación y entrenamiento de estrategias de regulación emocional, especialmente en población adolescente. A fin de poder cumplir con este objetivo, se planteó realizar inicialmente un estudio con población general donde se validó el uso de sistemas de electroencefalografía en combinación con realidad virtual en el campo de la regulación emocional. El resto de estudios que se plantearon ya iban focalizados a la población objeto de estudio, los adolescentes.

Los tres objetivos generales de la presente tesis, planteados a partir de este objetivo global, son los siguientes:

1. Evaluar el uso de sistemas de registro electroencefalográfico portables para monitorizar dos técnicas de regulación emocional, utilizadas en población adulta, durante la exposición a un entorno de realidad virtual diseñado para la inducción emocional de tristeza. Con este objetivo se pretende validar que el uso de monitorización fisiológica, en concreto EEG, es compatible con la navegación en un sistema de RV diseñado para inducción de emociones, y que se observan diferencias en la actividad cerebral dependiendo de la técnica de regulación emocional empleada por los participantes.
2. Evaluar la utilización de un instrumento de evaluación y entrenamiento de estrategias de regulación emocional basado en un juego serio combinado con un sistema de registro de la actividad cardíaca, para su uso en población adolescente. Este objetivo se focaliza en la población adolescente, y pretendemos analizar si el sistema desarrollado que combina juegos serios con una monitorización fisiológica sencilla basada en ECG puede utilizarse para entrenar en los participantes en el uso de determinadas técnicas de regulación emocional, utilizando las medidas fisiológicas para comprobar la correcta aplicación de las mismas.

3. Evaluar el uso de un novedoso sistema de evaluación y entrenamiento de estrategias de regulación emocional, en población adolescente, basada en avatares personalizados y en la monitorización electroencefalográfica. Una vez validado en el objetivo 2 que la realidad virtual y los juegos serios se pueden emplear para entrenamiento de técnicas de regulación emocional, y con la base del objetivo 1 que ha permitido evaluar las activaciones cerebrales asociadas a la aplicación de distintas técnicas de regulación emocional, este último objetivo quiere validar el uso de una herramienta personalizada basada en avatares para el entrenamiento de estrategias de regulación emocional, utilizando una técnica de monitorización fisiológica como el EEG que permita evaluar las activaciones cerebrales para comprobar que son coherentes con las técnicas de regulación emocional empleadas y los estados de ánimo de los participantes en el sistema.

2.2 Estructura de la Tesis Doctoral

La presente Tesis Doctoral se estructura en 8 capítulos. El primer capítulo abarca la introducción general y el contexto de esta Tesis. En el segundo capítulo se plantean los objetivos generales. Los tres últimos capítulos se corresponden con la discusión general (Capítulo 6), las conclusiones y líneas de investigación futuras (Capítulo 7) y las publicaciones realizadas durante la realización de la presente Tesis Doctoral (Capítulo 8). Los tres capítulos intermedios hacen referencia a cada uno de los objetivos generales descritos anteriormente.

En el primer capítulo se ha analizado todo el estado del arte existente sobre los conceptos de la regulación emocional, la forma de trabajar los problemas derivados de un déficit o defecto de aplicación de las estrategias de regulación, así como los instrumentos tradicionales empleados para su evaluación. Asimismo, se han identificado los problemas de dichos

instrumentos y se han propuesto otros instrumentos más novedosos basados en realidad virtual y en análisis de señales psicofisiológicas.

En el segundo capítulo se plantean los objetivos generales de la presente Tesis Doctoral y se relacionan cada objetivo con cada uno de los capítulos.

En el tercer capítulo se evalúa la aplicación de dos estrategias de regulación emocional, una basada en la reevaluación cognitiva y otra en la supresión expresiva, en población adulta mientras se le induce una emoción de tristeza por medio de un parque virtual. Además, se evalúa la actividad cerebral asociada a la aplicación de las estrategias de regulación emocional a través de un sistema EEG portable.

En el cuarto capítulo se describe un juego serio, implementado exclusivamente para adolescentes, donde se le induce una emoción de frustración mientras están jugando, con el fin de que cuando alcancen un nivel indicado puedan entrenar dos estrategias de regulación emocional. Además se valida este juego a través de preguntas incluidas dentro de la dinámica de éste y del análisis de la señal cardíaca.

En el quinto capítulo se evalúa la inducción y la regulación emocional generada a través de un novedoso instrumento de aprendizaje de estrategias de regulación emocional basado en la teoría del modelado de Bandura, que consiste en la enseñanza a través de avatares virtuales. Además, se medirá la actividad cerebral generada en los adolescentes que está asociada a este novedoso sistema de inducción y de entrenamiento de estrategias de regulación emocional.

En el sexto capítulo se discuten de forma general los resultados obtenidos en esta Tesis Doctoral.

En el séptimo capítulo se muestran las conclusiones más relevantes obtenidas de este trabajo, seguidas de unas recomendaciones de líneas de investigación futuras.

Ya por último en el octavo capítulo se exponen todas las publicaciones que han derivado del trabajo realizado en esta Tesis.

Los capítulos del 3 al 5 son artículos publicados en revistas indexadas internacionales. A pesar de que el idioma principal de esta Tesis Doctoral es el castellano, se ha mantenido el idioma original de publicación de cada uno de los artículos, por lo que los capítulos del 3 al 5 se encuentran escritos en inglés.

Capítulo 3.

Assessing brain activations associated with emotional regulation during virtual reality mood induction procedures

Alejandro Rodríguez, Beatriz Rey, Miriam Clemente,
Maja Wrzesien & Mariano Alcañiz

Inter-University Research Institute for Bioengineering and Human-Oriented
Technology (UPV), Ciudad Politécnica de la Innovación, Cubo Azul, Edif.
8B, Acceso N, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, Spain.

EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS (2015) 42, 1699-1709

DOI: 10.1016/j.eswa.2014.10.006

Abstract. Emotional regulation strategies are used by people to influence their emotional responses to external or internal emotional stimuli. The aim of this study is to evaluate the brain activations that are associated with the application of two different emotional regulation strategies (cognitive reappraisal and expressive suppression) during virtual reality mood induction procedures. We used Emotiv EPOC to measure the brain electrical activity of participants while sadness is induced using a virtual reality environment. We monitored 24 participants, who were distributed among three experimental groups: a control group, a cognitive reappraisal group and an expressive suppression group. In the control group, we found significant activations in several right frontal regions that are related to the induction of negative emotions'. We also found significant activations in the limbic, occipital, and parietal regions in the emotional regulation groups. These regions are related to the application of emotional regulation strategies. The results are consistent with those shown in the literature, which were obtained through clinical neuroimaging systems.

Keywords. Emotional regulation strategies, EEG, Emotiv EPOC, Virtual reality, Sadness, sLORETA

Acknowledgments. We would like to thank all of the users for their participation in the experiment. Finally, we would like to thank our colleagues, Iván García Gallego and Rafael Amat Martínez, for their valuable help. This study was funded by the Ministerio de Educación y Ciencia Spain, Project PSI2013-48260-C3-2-R, and partially funded by CIBER of Physiopathology of Obesity and Nutrition, an initiative of ISCIII. The work of A. Rodríguez was funded by the Spanish MEC under an FPI Grant BES-2011-043316. The work of Miriam Clemente was funded by the Generalitat Valenciana under a VALi+d Grant.

3.1 Introduction

Emotional Regulation (ER) is a surging field of great interest for health sciences in general and for psychology and education in particular. There are several reasons for this, but one of the most important ones is the central role that emotions play in day-to-day living. In the words of Chambers, Gullone, and Allen (2009), ER can be generally defined as “the process of modulating one or more aspects of an emotional experience or response”. This process has an impact on the intensity, duration, and expression of emotions (Gross & Thompson, 2007). ER is therefore considered to be an important factor influencing virtually all aspects of life, including our physical and mental health, maintenance of social relationships, and adaptation to new daily situations. This reinforces ER as a perfect candidate in prevention measures for psychological problems. Numerous scientific studies indicate that a lack of adequate ER is highly linked to the occurrence of numerous mental and physical health problems, including borderline personality disorders, depression (Oschner & Gross, 2007), anxiety disorders, social interaction or adaption problems, addictions, violent behavior, and other disruptive behaviors (Davidson et al., 2000 and Gross, 2002).

As Gross & Thompson, 2007 defined in their “modal model” of emotion, the generation of emotions is a special sequential process (situation-attention-appraisal-response) that occurs over time. According to this “modal model”, many of the psychopathological traits are due to deficiencies in one or more stages of these emotion-generative processes. In other words, a psychopathological trait may be due to not knowing how to change or select a situation, which could lead to a strong positive or negative emotion. It may also be due to not being able to focus attention from emotionally harmful activities to other less harmful activities. Finally, deficiencies or defects in the processes of reevaluation of emotional

situations or modulation of emotional responses to more socially accepted ones are possible causes of psychopathological traits (Werner & Gross, 2010). Therefore, adaptive ER is the selection and implementation of emotional regulation strategies (ERS) that are adapted to the different stages of this emotion-generative process, so that an emotional experience can be processed as a healthy emotional experience (Mennin & Farach, 2007). These ERS could also provoke simultaneous changes in cognitive and physiological processes (Chambers et al. 2009). Thus, the association between emotional regulation and personal adjustment, social competence, and cognitive function suggests that the development of ERS has significant personal consequences.

ERS enable people to influence the emotions they have, when they have them, how they experience them, and how they express them. ERS can be automatic or controlled and conscious or unconscious. ERS should be differentiated based on when they have their first impact on the emotion-generation process. ERS are able of being involved at one or more stages of this process. According to the model of emotion regulation presented by Gross and John (2003), ERS can either be antecedent-focused or response-focused. Antecedent-focused strategies refer to the manipulation of the stages previous to the creation of an emotion, which involves the selection and modification of the situation, the control of attention deployment, and the cognitive reappraisal of the situation by seeking to modify the emotional response before it manifests itself. In contrast, response-focused strategies refer to the manipulation of the emotional response once it has been generated (Chambers et al. 2009). Both the physical and psychological implications will be different depending on the strategy used.

Despite the fact that there are diverse ERS, in this study we focus on one antecedent-focused strategy (Cognitive Reappraisal) and one response-focused strategy (Expressive Suppression). Cognitive Reappraisal (CR) is a cognitive-linguistic strategy that changes the trajectory of the emotional

response by assigning a non-emotional meaning to a situation. On the other hand, the Expressive Suppression (ES) is a strategy that is directed towards inhibiting behaviors that are associated with emotional responding (e.g., controlling facial expression or gestural response due to an emotion (Goldin, McRae, Ramel, & Gross, 2008)). Numerous studies have identified the efficacy of CR strategies in modulating and decreasing the impact of intense negative emotions without generating high psychological and physiological responses (Chambers et al., 2009). In contrast, the excessive use of ES strategies is linked to the appearance of emotional disorders, such as depression (Gross & John, 2003).

Currently, there are tools based on new technologies that are starting to be applied to train ER. For example, Playmancer (Moussa & Magnenat-Thalmann, 2009) is a European Project that developed a system that was capable of multimodal emotional recognition. It combined a serious game with virtual reality for ER training for the purpose of treating psychological and behavioral disorders. Another project is REPLAY (Ibañez, Playfoot, Fabregat, Costa, & Torres, 2010), which evaluated ways of improving the emotional involvement and sense of presence of the players in a virtual reality environment and training them in ER strategies through the proper selection of content and use of exocentric avatar-based interfaces and technologies, such as low-cost tracking.

Another way of training ER strategies is through the use of new interactive technologies that allow having influence on certain aspects of the ER training process. This influence can be achieved through virtual reality (VR). VR is a technology that allows us to create environments where we can interact with any object in real time and that has been widely used for training and learning purposes. The devices and techniques for navigation and interaction through virtual experiences have improved greatly, thus providing a more natural and motivating learning experience. Moreover, VR

provides benefits such as a high capability for immersion and persuasion. All of these features allow us to use VR in studies of emotional evaluation and intervention. This is evident in previous studies that have demonstrated the usefulness of VR in psychological intervention for various psychological disorders such as claustrophobia (Botella et al., 1998), fear of flying (Baños et al., 2002 and Botella et al., 2004) or stress (Baños et al., 2011).

In order to assess emotional regulation, we must have tools that allow us to evaluate and assess the ERS that subjects apply in the context of emotional experiences. The traditional methods that are used include subjective questionnaires, which ask the patients about how they experience and manage their emotions. The Emotion Regulation Checklist (Shields & Cicchetti, 1997) and The Emotion Regulation Questionnaire (Gross & John, 2003) are good examples of ER questionnaires. Although these questionnaires have proven to be very useful, they have limitations that make them not very suitable for certain groups that are especially reluctant to be assessed. Moreover, when these questionnaires are used in combination with virtual environments, it may only be possible to use them before or after the experience, but never during the virtual exposure without interrupting it. The use of other kinds of techniques, such as physiological measures, can help to overcome these limitations and complement the information obtained with the questionnaires. Gross (1998b) analyzed the influence of the application of ERS on heart rate during a stressful interview. The students that applied an ERS showed a greater heart rate than the students that did not apply an ERS. Campbell-Sills, Barlow, Brown, and Hofmann (2006) compared the physiological effects of two ERS (suppression and acceptance) in individuals with emotional disorders. This experiment consisted in a negative emotional induction using a film clip while the subjects applied one of the two strategies. It was observed that the acceptance group showed less negative emotion than the suppression groups in the recovery period after the film. Moreover, there was an increase in the

heart rate of the suppression group, and a decrease in the heart rate of the acceptance group.

Other tools that can be used to supplement the information supplied by traditional methods are brain activity measures. Increasingly, affective studies are using brain activity measures to improve understanding of the underlying mechanisms of affective states. Brain activity can be assessed by means of different neuroimaging techniques, such as functional magnetic resonance imaging (fMRI) or Positron Emission Tomography (PET). Several neural structures that intervene in ER processes have been identified using fMRI (Phillips, Ladouceur, & Drevets, 2008). The majority of these structures were localized in the limbic and frontal regions. The frontal region is reciprocally connected with other subcortical limbic regions, which have an influence on the different steps of the ER process (Stein et al., 2007). The prefrontal cortex (PFC), cingulate cortex, and amygdala have been shown to have influence on the responses to emotional stimuli (Johnstone et al., 2007, Ochsner and Gross, 2007 and Wager et al., 2008).

More specifically, the neural structures involved in emotional processing form two systems (the ventral emotion system and the dorsal emotion system) that have a role in the decrease of negative emotions (Ertl, Hildebrandt, Ourina, Leicht, & Mulert, 2013). These structures form a complex network that is responsible for processing responses to emotional events (Ochsner & Gross, 2005). In turn, they involve the ventromedial prefrontal cortex, the dorsolateral prefrontal cortex, the orbitofrontal cortex, amygdala, insula, hippocampus, and cingulate cortex (Davidson, 2000, Ertl et al., 2013, Ochsner and Gross, 2005, Phillips et al., 2008 and Suveg et al., 2007). These neural networks play an important role during voluntary or involuntary ER processes as well as in the support to brain regions that are involved in cognitive processes (Marsh et al., 2006, Phillips et al., 2008 and Rubia et al., 2000).

In spite of the fact that neuroimaging tools such as fMRI have many advantages (including their high spatial resolution and their ability to detect sub-cortical areas) these techniques do not offer a direct measurement of neural activity (Ertl et al., 2013) and their use combined with navigation in VR imposes many restrictions. A complementary tool to fMRI that has been used in many studies to evaluate brain activity is the Electroencephalogram (EEG), which allows electrical brain activity to be measured in a non-invasive way with a temporal resolution of milliseconds. This makes it possible to analyze all of the fluctuations of the EEG signal that occur in subjects when they are feeling an emotion.

The EEG is a technique that is easily combinable with virtual environments for ER training since it does not impose restrictions on the virtual stimulus to be presented in this study, as occurs with other neuroimaging techniques. In this regard, previous studies consider the use of EEG to be a useful instrument for assessment in ER studies. The important role of the prefrontal cortex for ER has been widely evaluated (Johnstone et al., 2007, Oshner and Gross, 2007 and Wager et al., 2008). For example, Dennis and Solomon (2010) observed that the increase of EEG frontal activity was linked to the effective implementation of ER strategies during an emotional induction of sadness and fear.

An additional factor to be considered when evaluating the possibilities of combining EEG monitoring with VR is the emergence of new portable EEG devices that allow EEG signals to be captured wirelessly and in a more comfortable way. Since these EEG devices are more portable, more ergonomic, less invasive, and more economical, they provide an easy arrangement for emotional studies as well as a significant reduction in cost and time. Emotiv EPOC (Zhang, Wang, & Fuhlbrigge, 2010) is an example of a portable EEG device that has recently been used in multi-disciplinary studies and whose effectiveness has been tested (Khushaba et al., 2012 and Khushaba et al., 2013). In previous studies, our team analyzed the Emotiv

EPOC signal that is measured during different immersion experiences (Clemente, Rodríguez, Rey, & Alcañiz, 2014) during a positive emotional induction with images from the IAPS system (Rodríguez, Rey, & Alcañiz, 2013b) and during a negative mood induction by means of a VR environment (Rodríguez et al., 2013a). This analysis demonstrated the usability of these devices.

Based on these studies and the fact that the influence on brain activations of different ERS applied during a virtual reality mood induction procedure has not yet been directly evaluated, the goal of the present work is to compare brain activity at rest after the application of different ERSs during a negative mood induction in a VR environment. To do this we use a virtual park that was designed and validated for the induction of sadness (Baños et al., 2006) as the virtual reality mood induction procedure in three different experimental groups: the application of a CR strategy, the application of an ES strategy, and the application of no ERS (the control group (CG)). We expect the sadness induction to have an influence on brain areas that are related to the emotion of sadness in the CG group. However, we expect to observe different activations in the CR and ES group, which are related to the emotional regulation that has been applied and not to the pure sadness induction. A wireless portable EEG device is used to evaluate the differences in brain activity that are related to the ERS applied in each condition.

3.2 Material and Methods

3.2.1 Participants

For the study, 27 healthy participants (14 men and 13 women) participated voluntarily in this experiment; they were divided into three groups of 9 participants each. Three participants (one from every group) were excluded from the analyses due to poor quality EEG recording, leaving a final sample

size of 24 participants (12 men and 12 women). The participants were between the ages of 19 and 36 ($M = 23.36$; $SD = 3.01$). All of the participants gave their informed consent prior to their inclusion in the study. All of them had normal or corrected-to-normal vision. The experiments were conducted in a laboratory inside the LabHuman Institute.

In compliance with ethical guidelines, before beginning the study, an Inventory for Measuring Depression (BDI) questionnaire was completed by the participants (Beck, Ward, Mendelson, Mock, & Erbaugh, 1961). The BDI results were obtained immediately so that depressive participants could be excluded (subjects with a score above 17). None of the participants were excluded from the study ($M = 4.89$, $SD = 4.022$).

3.2.2 Instruments

Two types of instruments (psychological and physiological) were used in this study to measure the participants' experience during the exposure session.

3.2.2.1. Psychological instruments

In order to evaluate their emotional states the participants had to complete two questionnaires, the Visual-Analogue Scale (VAS) and the Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) before and after the EEG session.

- The VAS questionnaire consists of a 7-point Likert scale that evaluates the current emotional state of participants in terms of their level of joy, sadness, anxiety, and relaxation. The measure was applied both before and after the virtual experimental session (Gross & Levenson, 1995).
- The PANAS questionnaire consists of two 10-item scales that allow the positive affect factor and the negative affect factor to be measured (Watson, Clark, & Tellegen, 1988; Watson et al., 1998). These factors are the most general ones that describe affective

experiences. They are calculated by adding the scores for positive items (PANAS-positive) and negative items (PANAS-negative). The PANAS scale ranges from slightly (1) to extremely (5) on a 5-point scale. This measure was applied both before and after the virtual experimental session.

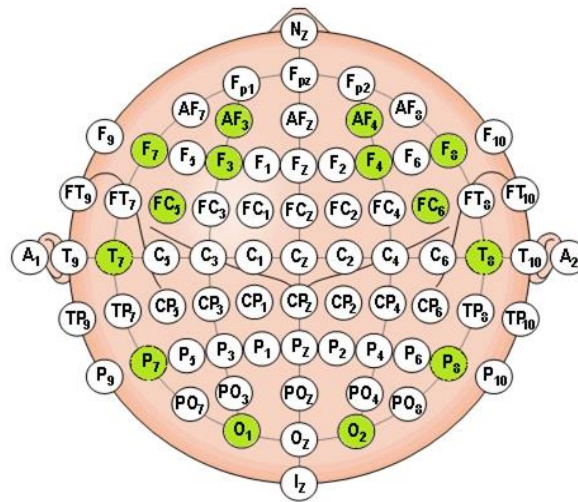


Figure 3.1. A) Emotiv EPOC electrode positioning. B) Emotiv EPOC device

3.2.2.2. Physiological instrument: Emotiv EPOC-based EEG data collection

The Emotiv EPOC is a low-cost EEG device that incorporates 14 channels of EEG data and a gyroscope measure. The EEG channel names are based on the International 10–20 system and are located at the positions AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, and AF4 (**Figure 3.1**). Two electrodes located just above the participants' ears (CMR/DRL) are used as references, one for each hemisphere of the head. Internally, Emotiv EPOC has a sample frequency of 2048 Hz which is down-sampled to 128 Hz before transmitting to a computer via Bluetooth. Prior to use, all felt pads on top of the sensor have to be moistened with a saline solution (Khushaba et al. 2012). The Emotiv device was selected because of its low cost and portability, so the study could be performed without any interference in the virtual environment.

3.2.3 Mood induction

A virtual reality environment was designed to induce a negative mood (sadness) in the participants. Brainstorm eStudio 11 software (Brainstorm Multimedia, Madrid, Spain) was used as the graphic engine to create the virtual environment. The Python programming language was chosen for its flexibility, which makes it suitable for the purpose of this study.

This virtual environment was composed of a virtual park that has a natural and urban atmosphere that would be easy to find in any real city. This park has trees, flowers, water, urban furniture, a summer open-air cinema and a bandstand in the center (**Figure 3.2**). In order to induce a sad mood in the participants while they navigated through the park, different traditional elements to induce emotions were included: music (Sutherland, Newman, & Rachman, 1982), Velten self-statements (Velten, 1968) plus pictures (selected from the International Affective Picture System IAPS, Lang, Bradley, & Cuthbert, 2005) and a movie (Gross & Levenson, 1995). This virtual park had already been used in previous studies by our group in order

to show that virtual environments can be used as an effective mood-induction procedure (Baños et al., 2006).

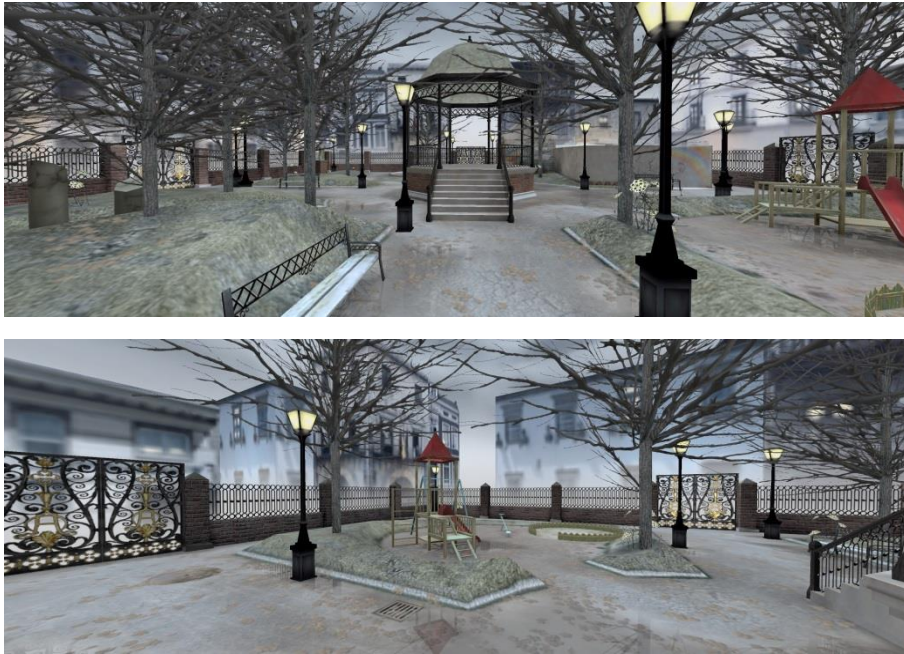


Figure 3.2. Captures of the virtual environment

Before virtual navigation began, the participants had to listen to a short explanation about the virtual emotional experience. A sad woman’s voice was used to guide the user through the different sections of the park. At the beginning, the participants were asked to freely explore the park while a piece of “Adagio for Strings-Choral” by Samuel Barber was heard. After that, the voice asked them to go to the bandstand, where the words in Velten statements appeared in random word order and the participants had to put in the correct order to form a sentence. The contents of the statements were written in the first person, such as: “Life seems sad and senseless to me”, “I make people unhappy”, or “I have no future”. Then, the participants had to

choose the picture that best represented the meaning of the sentences from four options. This cycle was repeated five times. The IAPS pictures included sad scenes such as children in combat zones, drug addicts, or funerals. Finally, the participants navigated the virtual park freely until the voice asked them to watch an excerpt of the movie “The Champ” in the open-air cinema.

This virtual park was shown on a 4 × 2 meter retro-projected screen and the participants were able to navigate through the environment using a wireless pad (Logitech Wingman Cordless Rumblepad Gamepad; Logitech, Fremont, CA, USA) at a distance of 3.5 m from the screen (**Figure 3.3**).

3.2.4 Experimental Design

The experimental design for this study (Rey, Rodríguez, & Alcañiz, 2012) is described below.

The participants spent approximately one hour in the laboratory and completed a series of questionnaires before and after the exposure session. To evaluate pre- and post- induction sadness, the participants completed both the VAS and PANAS questionnaires both at the beginning of the study and then again after the virtual mood induction procedure.

Following the initial questionnaire period, the participants entered a dark room where the mood induction was going to take place. Then, with the help of the researcher, the participants had to practice how to move and interact with the environment in a specifically designed training environment. Afterwards, an Emotiv EEG device was placed on the participant’s head by the experimenter. The subjects were separated into three experimental groups, each of which received instructions to apply a different regulation strategy during the virtual exposure. These instructions were adapted to the language and context of the study from the instructions used by Gross (1998a). The Cognitive Reappraisal group (CR) received instructions to apply cognitive evaluation strategies during the induction

(i.e., the participants had to navigate through the virtual environment carefully, but they had to reflect on what they were feeling with the intention of applying to it a non-emotional meaning). The Expressive Suppression group (ES) was told to control their expressive responses to the induced mood (i.e., the participants had to control their external emotional responses to the virtual emotional induction generated so that anyone who was watching the participants would not be able to know their affective state). Finally, the CG did not receive any specific instructions to regulate their emotions. The EEG device was synchronized with the experimenter's computer and the EEG data was recorded throughout the entire virtual exposure.

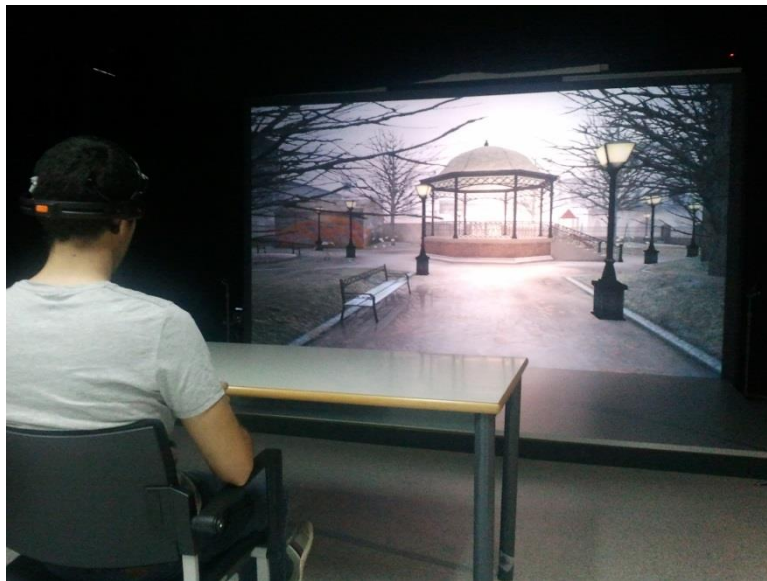


Figure 3.3. A participant navigating through the virtual park

Before the virtual exposure, two minutes and thirty seconds of resting EEG activity were recorded (BL1). Afterwards, the virtual induction of sadness

started. At the end of the virtual induction, two minutes and thirty second of resting EEG activity were recorded again (BL2).

Finally, the participants were invited to watch a film to induce a positive mood in them before finishing the experiment. The film used was an excerpt of the movie “Singing in the Rain”.

3.2.5 Data analysis

In order to compare the scores between the CG, CR, and ES groups regarding the psychological information that was collected in the test questionnaires (VAS and PANAS), a Wilcoxon Signed-Rank test was applied. All of the analyses were performed using the SPSS 17.0 application (IBM Corporation, Somers, New York, USA) application with the significance level set at 0.05.

The EEG recordings were analyzed off-line using custom software written in MATLAB R2011B (MathWorks, Inc). This software is based on the EEGLAB library (Delorme & Makeig, 2004), which provides many functions that can be used to pre-process and clear the EEG-data. All the recorded EEG epochs were checked for artifacts (e.g., electrooculogram (EOG) and muscle (EMG) activity, eye blinks, electrical and baseline noise).

The preprocessing of the recorded EEG was applied to the data corresponding to two and a half minutes before starting the baseline study (BL1) and two and half minutes after completing the virtual baseline study (BL2). The preprocessing of the EEG signal started with a detrending removal to eliminate the DC offset in the EEG. This was followed by a linear band pass filter (0,5–45 Hz) that removed the effect of the 50 Hz noise and higher frequency artifacts (Khushaba et al., 2012, Khushaba et al., 2013 and Kober et al., 2012).

Then the EOG and EMG artifacts were detected and deleted using the ADJUST method (Mognon, Jovicich, Bruzzone, & Buiatti, 2011), which is based on Independent Component Analysis (ICA). ADJUST is a semi-automatic toolbox of EEGLAB that detects Independent Components with possible artifacts generated by EOG or EMG and advises their elimination. Other artifacts were removed manually using ICA analysis.

The activated brain areas were estimated through the sLORETA tools (standardized low-resolution electromagnetic tomography) (Esslen et al., 2004, Frei et al., 2001, Pascual-Marqui et al., 1994 and Pascual-Marqui et al., 1999). The sLORETA tools solve the EEG inverse problem and localize the EEG activation source with a minimum low localization error to within 1 voxel resolution on average (Paquette et al., 2009 and Pascual-Marqui, 2002). They also provide a realistic estimation of activation in the whole brain in a standard 3D brain map. The whole brain was analyzed using voxel-wise t-test to examine the difference between the BL1 and the BL2 condition for each group individually on the theta and alpha bands. Then, the same voxel-wise t-tests were used to compare the BL2 condition among the three groups. All of the analyses were performed with the significance level set at 0.05.

3.3 Results

3.3.1 Questionnaire Results

Post-hoc analyses based on Wilcoxon signed rank tests were performed on the VAS variables (Joy, Sadness, Anxiety, and Relaxation) and the PANAS variables (PANAS-positive and PANAS-negative) with significant level $p < 0.05$. For the CG group, there were no significant differences between the two conditions for any variables. For the CR group, there were significant differences between the BL1 and BL2 conditions for the VAS-joy ($Z = 2.232$; $p = 0.026$). For the ES group, there were significant differences

between the BL1 and BL2 conditions for the VAS-joy ($Z = 2.271$; $p = 0.023$), VAS-sadness ($Z = -2.232$; $p = 0.026$) and PANAS-positive ($Z = 2.383$; $p = 0.017$). All of the results are shown in **Table 3.1**.

Table 3.1. The VAS and PANAS responses to the questionnaires for each group (mean score and standard error of the mean) and the results of the Wilcoxon Signed-Rank Test for the comparison of the VAS and PANAS results between the BL1 and BL2 experimental conditions.

		BL1	BL2	Z (BL1>BL2)	P
VAS-joy	CG	4.50 ± 0.54	4.25±0.59	0.000	>0.05
	CR	5.13 ± 0.30	3.88±0.55	2.232	0.026
	ES	4.88 ± 0.40	3.63±0.32	2.271	0.023
VAS-sadness	CG	2.25 ± 0.45	2.38±0.57	0.000	>0.05
	CR	2.13 ± 0.30	2.88±0.48	-1.656	0.098
	ES	1.88 ± 0.48	3.50±0.63	-2.232	0.026
VAS-anxiety	CG	1.13 ± 0.13	1.38±0.38	-0.447	>0.05
	CR	1.75 ± 0.37	1.75±0.37	0.000	>0.05
	ES	2.13 ± 0.40	2.63±0.63	0.850	>0.05
VAS-relax	CG	5.00 ± 0.46	5.00±0.33	0.000	>0.05

	CR	4.63 ± 0.57	4.63±0.53	-0.106	>0.05
	ES	3.38 ± 0.18	3.38±0.57	0.106	>0.05
PANAS-positive	CG	25.38± 3.61	21.88±3.06	-1.527	>0.05
	CR	31.75± 2.10	28.38±3.77	1.192	>0.05
	ES	29.50± 2.93	22.00±3.07	2.383	0.017
PANAS-negative	CG	12.63± 0.87	12.63±1.09	0.000	>0.05
	CR	13.38± 1.19	13.25±1.16	0.316	>0.05
	ES	14.13± 1.47	17.38±3.13	-1.103	>0.05

3.3.2 EEG results

For the CG group, the comparison between the BL1 and BL2 moments using the voxel-wise t-test for the theta and alpha band revealed significant differences in the theta band (4–7 Hz) and alpha-band (8–12 Hz) for $p < 0.05$. Theta band power decreased in the BL2 condition in the right uncus (BA 20) and the right temporal lobe (BA 20), which indicates decreased activity in these regions during the BL2 condition. However, in the alpha band, power decreased in the BL2 condition in the frontal lobe (BA 47), which indicates increased activity in these regions during the BL2 condition. **Figure 3.4** shows for the BL1 > BL2 contrast in the theta band and the alpha band. All the results for this contrast are shown in **Table 3.2**.

For the CR group, the same comparison between the BL1 and BL2 moments (again using voxel-wise t-test for the theta and alpha bands) revealed several significant differences in the theta band for $p < 0.05$. Theta band power increased in the BL2 in the cingulate Gyrus (BA 24) and the anterior cingulate (BA 33) for both hemispheres, indicating increased activity in these regions after applying the cognitive reappraisal strategy. **Figure 3.5a** shows comparison between the results for the BL1 < BL2 contrast in the theta band. All the results for this contrast are shown in **Table 3.2**.

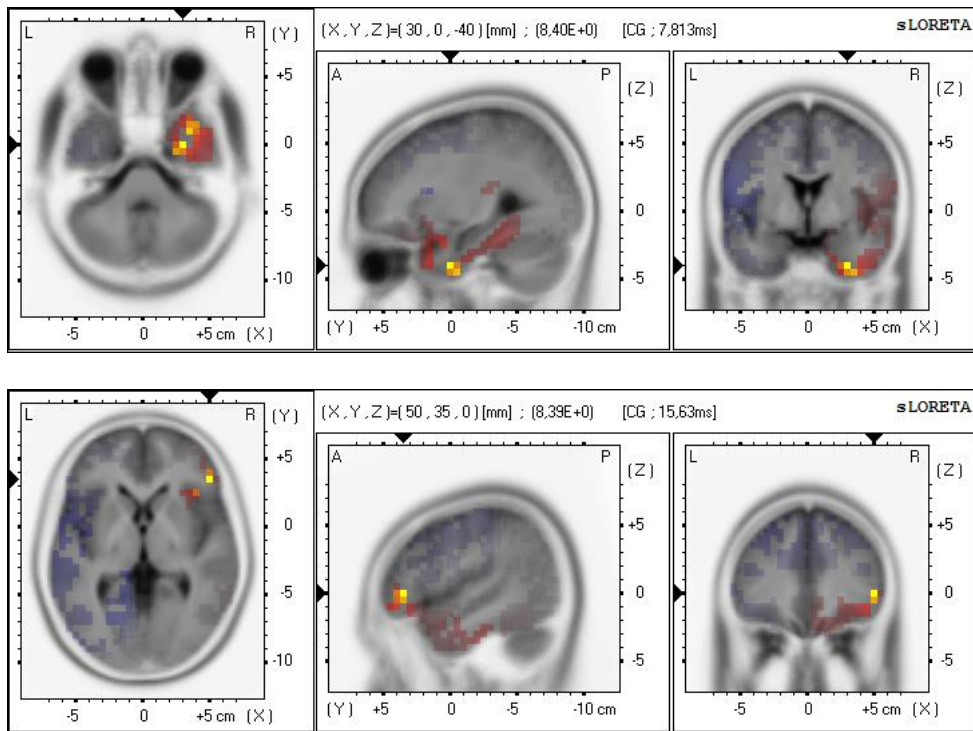


Figure 3.4. The results for the BL1>BL2 contrast for the CG group. Captures of sLORETA activation for the BL1>BL2 contrast in: (a) Theta band, (b) Alpha band.

Table 3.2. Comparison of the results for the CG (BL1>BL2 contrast), CR (BL1< BL2 contrast), and ES (BL1< BL2 contrast) groups.

Group	Brain Area	Band	Hemisphere	p
CG	Limbic Lobe; Uncus (BA 20)	Theta	Right	<0.01
CG	Limbic Lobe; Uncus (BA 20, 36)	Theta	Right	<0.05
CG	Temporal Lobe; Superior Temporal Gyrus (BA38)	Theta	Right	<0.05
CG	Temporal Lobe; Middle Temporal Gyrus (BA38)	Theta	Right	<0.05
CG	Temporal Lobe; Inferior Temporal Gyrus (BA 20)	Theta	Right	<0.05
CG	Frontal Lobe; Inferior Frontal Gyrus (BA 47)	Alpha	Right	<0.05
CG	Frontal Lobe; Middle Frontal Gyrus (BA 47)	Alpha	Right	<0.05
CR	Limbic Lobe; Cingulate Gyrus (BA 24)	Theta	Right // Left	<0.05
CR	Limbic Lobe; Anterior Cingulate (BA 33)	Theta	Right // Left	<0.05

ES	Temporal Lobe; Angular Gyrus (BA 39)	Theta	Left	>0.05
ES	Parietal Lobe; Precuneus (BA 19)	Theta	Left	>0.05
ES	Temporal Lobe; Middle Temporal Gyrus (BA 19)	Theta	Left	>0.05

However, even though we did not find any significant results for the ES group, we did find several areas with a trend to significance. For the theta band and left hemisphere, the ES group showed a higher activation ($p > 0.05$) in several temporal areas as well as in the precuneus (BA 19). The results for the ES group are shown in **Figure 3.5b** and **Table 3.2**.

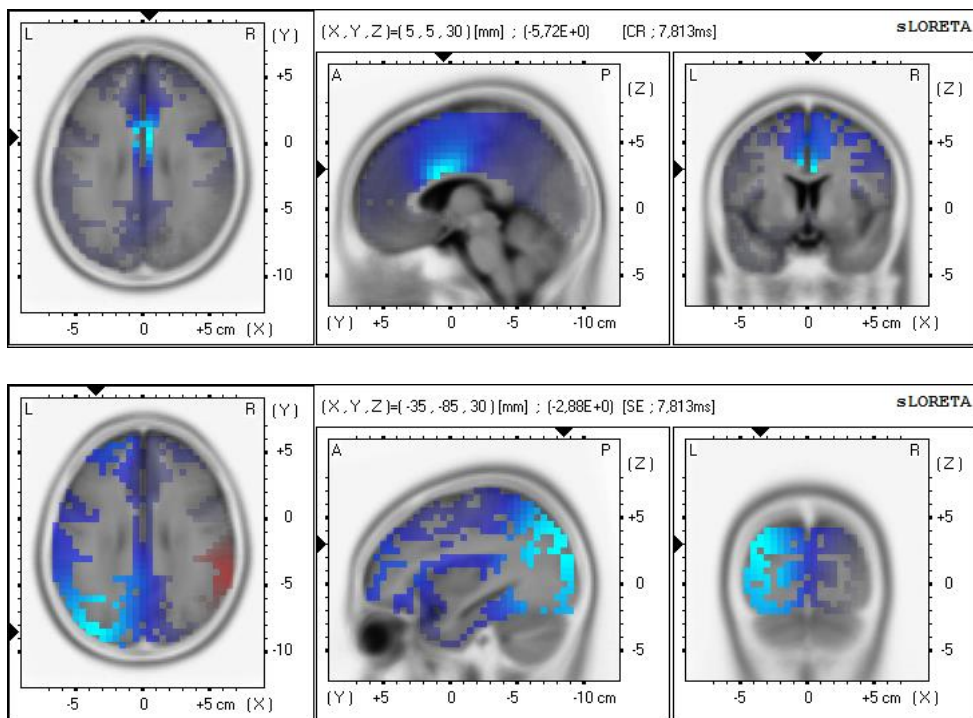


Figure 3.5. The results for the BL1 < BL2 for the CR and ES groups. Captures of sLORETA activation for the BL1 < BL2 contrast in theta band for: (a) the CR group, (b) the ES group.

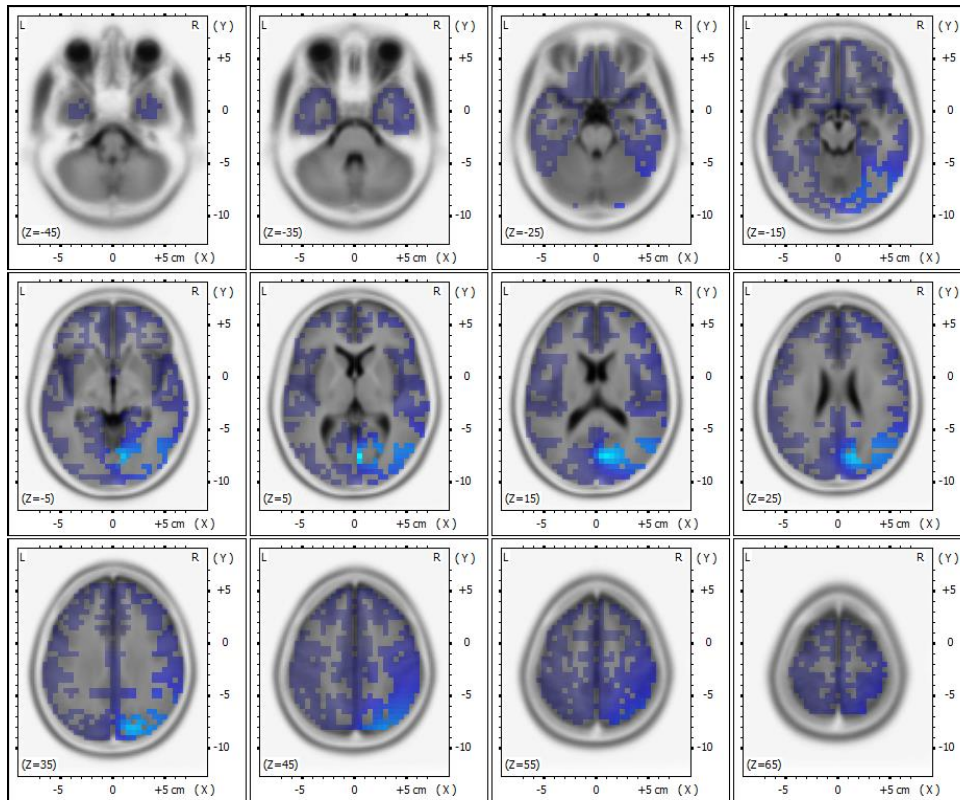


Figure 3.6. The results for the CG < CR contrast for the BL2 condition. Captures of sLORETA activation for the CG < CR contrast in theta band.

Furthermore, the results obtained using the voxel-wise t-tests when comparing the BL2 condition between the CG and CR groups showed significant differences in several areas in the theta band in the right hemisphere. In the CR group, theta power was significantly higher on the lingual gyrus (BA 18), on the cuneus (BA 23) with $p < 0.01$, and

significantly higher on the precuneus (BA 31) with $p < 0.05$. This indicates activations in these regions for the CR group. **Figure 3.6** shows this comparison for the BL2 condition. All of the results for this contrast are shown in **Table 3.3**.

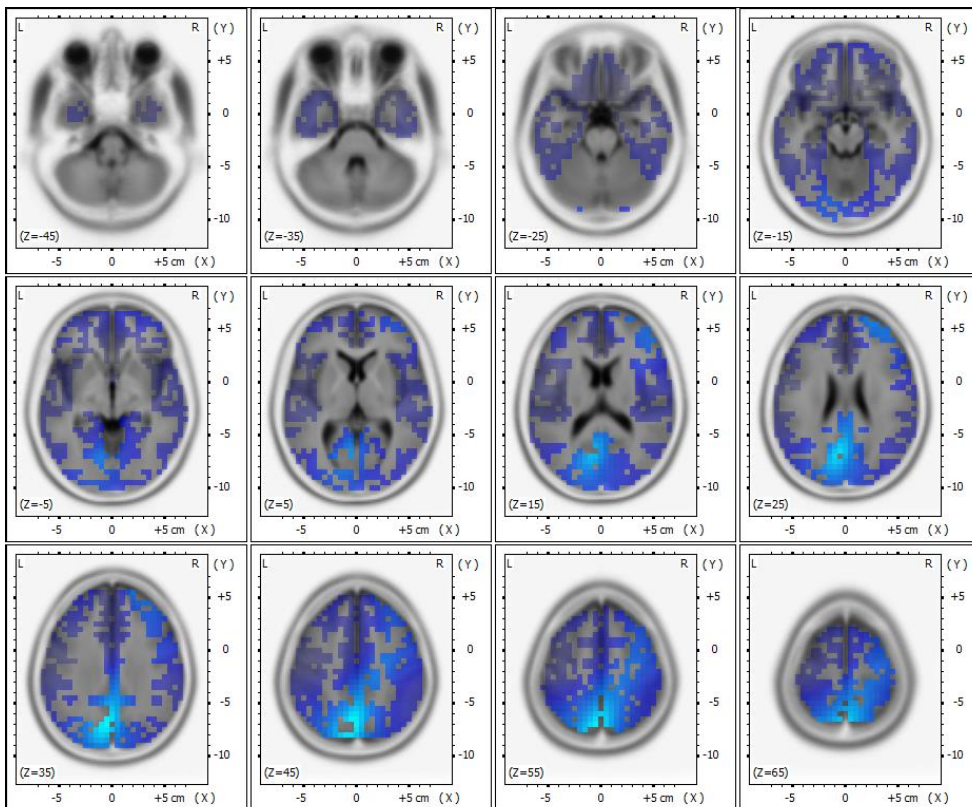


Figure 3.7. The results for the CG<ES contrast for the BL2 condition. Captures of sLORETA activation for the CG<ES contrast in theta band.

With regard to the comparison of the BL2 condition between the CG group and the ES group, a significant activation was shown for the ES group in the precuneus (BA 7, 31), superior parietal lobule (BA 7), cuneus (BA 7) with $p < 0.05$, and cingulate gyrus (BA 31) with $p < 0.10$ in theta band. **Figure 3.7**

shows this contrast. All of the results for this contrast are shown in **Table 3.3**.

Finally, we did not find any significant results for either the comparison in the BL2 condition between the CR and ES group or for the comparison in the BL1 condition among all of the groups.

Table 3.3. Comparison of the results for the BL2 moment for the CG, CR, and ES groups.

Condition	Brain Area	Band	Hemisphere	p
CG<CR	Occipital Lobe; Lingual Gyrus (BA 18)	Theta	Right	<0.01
CG<CR	Occipital Lobe; Cuneus (BA 23)	Theta	Right	<0.01
CG<CR	Occipital Lobe; Lingual Gyrus (BA 18, 19)	Theta	Right	<0.05
CG<CR	Occipital Lobe; Cuneus (BA 7, 17, 18, 19, 30)	Theta	Right	<0.05
CG<CR	Parietal Lobe; Precuneus (BA 7, 19 31)	Theta	Right	<0.05
CG<CR	Occipital Lobe; Middle Occipital Gyrus (BA19)	Theta	Right	<0.05
CG<CR	Temporal Lobe; Middle Temporal Gyrus (BA 37,	Theta	Right	<0.05

	39)			
CG<CR	Limbic Lobe; Posterior Cingulate (BA 18, 30, 31)	Theta	Right	<0.05
CG<CR	Occipital Lobe; Superior Occipital Gyrus (BA19)	Theta	Right	<0.05
CG<CR	Parietal Lobe; Superior Parietal Lobule (BA 7)	Theta	Right	<0.05
CG<ES	Occipital Lobe; Cuneus (BA 7)	Theta	Left	<0.05
CG<ES	Parietal Lobe; Precuneus (BA 7)	Theta	Left // Center	<0.05
CG<ES	Parietal Lobe; Superior Parietal Lobule (BA 7)	Theta	Left	<0.05
CG<ES	Limbic Lobe; Cingulate Gyrus (BA 31)	Theta	Left //Center //Right	<0.10
CG<ES	Limbic Lobe; Posterior Cingulate (BA 31)	Theta	Left	<0.10

3.4 Discussion

This study evaluates the evolution of human brain activity when two different emotional regulation strategies (ERS) were applied during exposure to a virtual reality (VR) environment that was designed to induce a sad mood. The use of an ERS based on a cognitive-linguistic strategy

(Cognitive Reappraisal, CR) and an emotional response strategy (Expressive Suppression, ES) were compared with a Control Group (CG), where only a sad mood was induced and no specific ERS was applied. The purpose was to study the changes in the brain activity due to the ERS applied using an Emotiv EPOC headset. The main findings and their implications are discussed below.

The first hypothesis in the study assumed that the virtual environment would induce sadness in participants and that this would be reflected in the brain areas related to the emotion of sadness in the CG group. This hypothesis was confirmed.

We analyzed the subjective and objective results related to sadness induction in the participants for the CG group. Even though the subjective VAS and PANAS measurements did not show any significant results regarding the induction of sadness, the EEG analysis showed evidence of a negative mood induction in the participants. More specifically, the participants had a significant increase in brain activation in the right inferior frontal gyrus and the right middle frontal gyrus for the alpha band. According to Baumgartner et al. (2010), these frontal areas are a major part of a fronto-parietal attention network, which works as a target detection and an alarm system to new stimuli that could appear when we are engaged in other processes that need all of our attention. Furthermore, the inferior frontal gyrus is also known to play an important role in negative emotional processes such as sadness (Boyatzis et al., 2012). In this respect, Vytal and Hamann (2010) showed a strong implication of the right inferior frontal gyrus in sad emotions when they compared the brain activation of sadness and happiness.

Apart from the activation in the alpha band, we have also found significant negative activations in the right uncus (Limbic Lobe) and the right inferior temporal gyrus, middle temporal gyrus, and superior temporal gyrus. The

activation in these right temporal regions are normally related to the emotion of happiness. For example, through a meta-analysis, Vytal and Hamann (2010), found a consistent activation of the right superior temporal gyrus when happiness was compared with sadness, anger, fear, and disgust. Killgore and Yurgelun-Todd (2004) showed a significant activation of the right inferior temporal gyrus while the participants were looking at happy faces. Therefore, the negative activations that were measured in the temporal lobe may be linked to a decrease in happiness emotions when sadness was induced in the participants.

With regard to the negative activation in the right uncus, we know that the function of the uncus in the parahippocampal gyrus plays an important role in the recognition of scenes (Epstein, Harris, Stanley, & Kanwisher, 1999) and the sense of presence (Clemente et al., 2014). We hypothesize that this negative activation of the uncus could be linked with familiarity of the virtual environment (Epstein et al., 1999). However, this hypothesis should be studied in future works.

The results for first hypothesis indicate that a negative mood was induced in the participants in the CG group when they navigated through the virtual park.

The second hypothesis assumed that the ERS would have brain activations in areas related to the ER in the participants of the emotional regulation groups (CR and ES). This hypothesis was partially confirmed for both of the emotional regulation groups.

For the CR group, we found significant activations for the theta band in the cingulate gyrus and the anterior cingulate, which are both on the limbic lobe. This is a relevant result because these areas play an important role in emotional regulation during active reappraisal, (Kalisch et al., 2006 and Ochsner and Gross, 2005), emotional stimulus processing (Bush et al., 2000 and Esslen et al., 2004), modulation of emotional responses to cues (Phillips

et al., 2003 and Ray et al., 2005), and in other functions such as episodic memory function (Paus, Koski, Caramanos, & Westbury, 1998) and learning and spatial attention (Baumgartner, Valko, Esslen, et al., 2006). There are also studies where the increased activation of some parts of the cingulate cortex has been used as a possible predictor for an antidepressant treatment (Saxena et al., 2003). In this regard, a recent study (Smoski, Keng, Schiller, Minkel, & Dichter, 2013) provides evidence that increased anterior cingulate activation could be related to an improvement in emotional regulation functions in individuals that are recovered from an episode of depression. This evidence would be close to our results, which would therefore suggest that our participants were able to apply a CR strategy during the study.

On the other hand, the analysis of the brain activation in the ES group did not show any significant results. Despite this, we found brain activations on the precuneus and the angular gyrus in the participants during the application of the expressive suppression strategy. These areas are known for being related to the sense of self-awareness or self-consciousness (Kjaer et al., 2002 and Lou et al., 2004) and the sense of presence and navigation (Clemente et al., 2014). The brain activation of these areas could be linked to the fact that the participants (who applied expressive suppression strategy) had to be conscious of the negative perceived emotion in order to inhibit the external behaviors that are associated with a possible emotional response.

The analyses of questionnaires showed results that were contradictory to those obtained from the EEG for both emotional regulation groups. More specifically, the participants had a significant decrease in the emotion of joy (VAS-joy) in both groups. There was a significant increase in the emotion of sadness (VAS-sadness) in the ES group only. A significant decrease in positive emotion (PANAS-positive) was also observed in the ES group. In

our opinion, the reason for the variations reflected in the subjective measurements might be the difficulty of expressing a final emotion by means of questionnaires when the participants performed a conscious emotional regulation strategy. It seems logical for both positive and negative emotions were affected after making the effort to apply an ERS to an emotional induction. This could therefore be evidence of the subjectivity of these questionnaires when they are used in an ER study.

Finally, we analyzed the comparison between the brain activation due to ERS in the ER groups (i.e., CR and ES groups), and the brain activation due to sadness induction in the CG group.

Indeed, the comparison of BL2 between the CG and the CR groups showed a significant activation ($CG < CR$) in the lingual gyrus and the cuneus (both on the occipital lobe) and in the precuneus. According to the literature, the lingual, cuneus, and precuneus are involved in the visual attention process (Mangun, Buonocore, Girelli, & Jha, 1998) and the cognitive reappraisal process (Ziv, Goldin, Jazaieri, Hahn, & Gross, 2013). Therefore, the results suggest that these regions were activated because the participants in the CR group applied an ERS based on cognitive reappraisal.

The results of the comparison of BL2 between the CG group and the ES group showed significantly higher activation ($CG < ES$) in the precuneus, superior parietal lobule, cuneus, and a trend to significance in the cingulate gyrus for the ES group. According to the literature, these areas play a role in spatial processing, mental rotation tasks and the ego-centric view (Baumgartner et al., 2006, Gron et al., 2000, Jordan et al., 2001 and Jordan et al., 2004). Thus, the results obtained in our study could show that, in order not to show any negative emotion, the participants in the ES group were aware of everything that was going on around them.

The present study has some limitations. First, the number of participants in this work is limited. The results should be confirmed with a large population

of different age-range and ethnicities. Then we could determine the impact of age and ethnicity on ER and their impact on brain activations. Second, before starting the experimentation, we gave the participants some instructions to help them perform their assigned ERS correctly. Even though these instructions were clear and concise, some participants had difficulty understanding them, which resulted in the need to spend more time explaining the instructions to them. Perhaps it would have been desirable to perform a previous training session for these ERS such as the one Ertl et al. (2013) conducted in their study. This might have had a positive effect on the participants' implication in the experimentation and a positive effect on the perception and regulation of the induced emotion and we might have had higher quality in the neural source localization. Third, no clinic EEG devices were used in this study. Although one the goals of the study was to evaluate the Emotiv EPOC headset in an ER study, it would be interesting to use a professional EEG device with a higher number of electrodes in order to improve the quality of the source localization. Finally, we used a VR environment to induce a specific negative emotion. In the future it might also be worth exploring the scope for inducing other types of emotions such as happiness or anger through VR environments in order to evaluate the Emotiv EPOC headset in different situations.

3.5 Conclusions

In summary, the main goal of this study was to evaluate the brain activity due to the application of two emotional regulation strategies when an emotion of sadness was induced by a virtual environment. We measured the EEG signal using Emotiv EPOC for three conditions: a sadness induction condition and two emotional regulation conditions (cognitive reappraisal and expressive suppression). The results show activation in several relevant brains regions that are associated with sadness induction (for the CG group) and that are associated with the application of emotional regulation

strategies (for the CR and ES groups). The results were similar to those obtained in previous studies. More precisely, we found activation in the right frontal areas for the CG related to an induction of sadness (Baumgartner et al., 2010). We also found significant activations in the cingulate, occipital, and parietal areas in the CR group related to the application of a cognitive reappraisal strategy (Phillips et al., 2003 and Ziv et al., 2013). However, we did not find conclusive results for the ES group. In spite of the fact that we found brain activations that could indicate that the participants complied with the purpose of the condition and applied the ERS, we did not find any significant activation to confirm this.

In addition, another key implication of this study (though was not an objective of this work) is the fact that all of our findings were obtained through the processing of a temporal measure that was obtained by a low-cost portable EEG tool. The results achieved were similar to those obtained by complex neuroimaging systems. Therefore, we consider that the Emotiv EPOC headset can be used in emotional regulation studies as an objective evaluation tool. Previously, our team had evaluated the usability of the Emotiv EPOC headset in the context of the sense of presence in virtual environment (Clemente et al., 2014) and mood induction using emotional pictures (Rodríguez et al., 2013b) and virtual mood induction procedures (Rodríguez, Rey, & Alcañiz, 2013a). With the results obtained in the present work, we have contributed to the evaluating of the usability of the Emotiv EPOC headset in the field of emotional regulation.

This work will allow us to open up a whole range of possibilities for research and work in a new framework. Future works could evaluate other ways of training ERS based on virtual reality or serious games in order to improve the use of classical ERS training based on instructions. The impact of these new tools in the emotional regulation field could also be evaluated in populations that are especially reluctant to be assessed, such as adolescents. Virtual reality can be useful in improving the engagement of

this population in emotional health prevention and treatment programs. Finally, the use of new tools to train different ERS applied to other emotions such as happiness or frustration could also be analyzed in both clinical populations and non-clinical populations.

3.6 References

- Baños, R., Liaño, V., Botella, C., Alcañiz, M., Guerrero, B., & Rey, B. (2006). Changing induced moods via virtual reality. In: W.A. Ijsselstein, Y. de Kort, C. Midden, B. Eggen, E. van den Hoven, eds, *Persuasive Technology: Lecture Notes in Computer Science*, Berlin/Heilderberg: Springer-Verlag (2006), 7-15.
- Baños, R.M., Guillen, V., Quero, S., García-Palacios, A., Alcañiz, M., & Botella, C. (2011). A virtual reality system for the treatment of stress-related disorders: A preliminary analysis of efficacy compared to a standard cognitive behavioral program. *Int J Human-Computer Studies*, 69, 602-613.
- Baños, R.M.; Botella, C.; Perpiñá, C.; Alcañiz, M.; Lozano, J.A.; Osma, J.; & Gallardo, M. Virtual Reality Treatment of Flying Phobia. *IEEE Transaction on information technology in BioMedicine*, 6 (3) 206-211 (2002)
- Baumgartner, T., Valko, L., Esslen, M., et al. (2006). Neural correlate of spatial presence in an arousing and noninteractive virtual reality: an EEG and psychophysiology study. *CyberPsychology & Behavior* 9:30–45.
- Beck, A. T., Ward, C. H., Mendelson, M., Mock, J., & Erbaugh, J. (1961). An inventory for measuring depression. *Archives of general psychiatry*, 4(6), 561.

- Botella, C., Baños, R.M., Perpiñá, C., Villa, H., Alcañiz, M., & Rey, A. (1998). Virtual reality treatment of claustrophobia: a case report. *Behaviour Research and Therapy*, 36, 239-246
- Botella, C., Osma, J., García-Palacios, A., 2004. Treatment of flying phobia using virtual reality: data from a 1-year follow-up using a multiple baseline design. *Clinical Psychology and Psychotherapy*, 11, 311-323.
- Boyatzis, R. E., Passarelli, A. M., Koenig, K., Lowe, M., Mathew, B., Stoller, J. K., & Phillips, M. (2012). Examination of the neural substrates activated in memories of experiences with resonant and dissonant leaders. *The Leadership Quarterly*, 23(2), 259-272.
- Bush G, Luu P, Posner MI. Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in Cognitive Sciences*. 2000;4:215–222.
- Campbell-Sills, L., Barlow, D.H., Brown, T.A., Hofmann, S.G. (2006). Effects of suppression and acceptance on emotional responses of individuals with anxiety and mood disorders. *Behaviour Research and Therapy* 44, 1251-1263.
- Chambers, R., Gullone, E., & Allen, N. B. (2009). Mindful emotion regulation: An integrative review. *Clinical psychology review*, 29(6), 560-572.
- Clemente, M., Rodríguez, A., Rey, B., & Alcañiz, M. (2014). Assessment of the influence of navigation control and screen size on the sense of presence in virtual reality using EEG. *Expert Systems with Applications*, 41(4), 1584-1592.
- Davidson, R. J. (2000). Affective style, psychopathology, and resilience: Brain mechanisms and plasticity. *American Psychologist*, 55, 1196–1214.

- Davidson, R.J., Putnam, K.M., Larson, C.L. (2000). Dysfunction in the Neural Circuitry of Emotion Regulation - A Possible Prelude to Violence. *Science* 289, 591-594.
- Delorme, A., & Makeig, E. (2004). EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics. *Journal of Neuroscience Methods*, 134, 9–21.
- Dennis, T.A., Solomon, B. (2010). Frontal EEG and emotion regulation: Electrocortical activity in response to emotional film clips is associated with reduced mood induction and attention interference effects. *Biological Psychology* 85, 456-464.
- Epstein, R., Harris, A., Stanley, D., & Kanwisher, N. (1999). The parahippocampal place area: recognition, navigation, or encoding?. *Neuron*, 23(1), 115-125.
- Ertl, M., Hildebrandt, M., Ourina, K., Leicht, G., & Mulert, C. (2013). Emotion regulation by cognitive reappraisal—The role of frontal theta oscillations. *NeuroImage*, 81, 412-421.
- Esslen, M., Pascual-Marqui, R. D., Hell, D., Kochi, K., & Lehmann, D. (2004). Brain areas and time course of emotional processing. *NeuroImage*, 21(4), 1189-1203.
- Frei, E., Gamma, A., Pascual-Marqui, R., Lehmann, D., Hell, D., & Vollenweider, F. X. (2001). Localization of MDMA-induced brain activity in healthy volunteers using low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA). *Human brain mapping*, 14(3), 152-165.
- Goldin, P. R., McRae, K., Ramel, W., & Gross, J. J. (2008). The neural bases of emotion regulation: reappraisal and suppression of negative emotion. *Biological psychiatry*, 63(6), 577.

- Gron, G., Wunderlich, A.P., Spitzer, M., et al. (2000). Brain activation during human navigation: gender different neural networks as substrate of performance. *Nat Neurosci* 3:404–408.
- Gross, J. J. (1998a). Antecedent-and response-focused emotion regulation: divergent consequences for experience, expression, and physiology. *Journal of personality and social psychology*, 74(1), 224.
- Gross, J. J., John, O. P., & Richards, J. M. (2000). Berkeley Expressivity Questionnaire. *Psychology*, 72, 435-448.
- Gross, J.J. (1998b). The emerging field of emotion regulation: an integrative review. *Review of General Psychology* 2(3), 271-299.
- Gross, J.J. (2002). Emotion regulation: Affective, cognitive, and social consequences. *Psychophysiology* 39, 281-291.
- Gross, J.J., John, O.P. (1997). Revealing feelings: Facets of emotional expressivity in self-reports, peer ratings, and behavior. *Journal of Personality and Social Psychology*, 72, 435-448.
- Gross, J.J., Levenson, R.W. (1995). Emotion elicitation using films. *Cognition and Emotion*, 9, 87-108.
- Gross, J.J., Thompson, R.A.(2007). Emotion Regulation: Conceptual Foundations. In: Gross James J., editor. *Handbook of emotion regulation*. Vol. 2007. New York, NY, US: Guilford Press., 3–24.
- Gross, J.J.; John, O.P. (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: Implications for affect, relationships, and well-being. *Journal of Personality and Social Psychology* 85(2), 348-362
- Ibañez, F., Playfoot, J., Fabregat, M. E., Costa, M., & Torres, S. (2010). Gaming Technology Platform as a Support Tool for Anti Social Behavior prevention in Young People at Risk to be Marginalized. *Social Media for Social Inclusion of Youth at Risk*, 29.

- Johnstone, T., van Reekum, C.M., Kalin, N.H., Davidson, R.J. (2007). Failure to regulate: counterproductive recruitment of top-down prefrontal-subcortical circuitry in major depression. *The Journal of Neuroscience* 27(33), 8877-8884.
- Jordan, K., Heinze, H.J., Lutz, K., et al. (2001). Cortical activations during the mental rotation of different visual objects. *Neuroimage*. 13:143–152.
- Jordan, K., Schadow, J., Wuestenberg, T., et al. (2004). Different cortical activations for subjects using allocentric or egocentric strategies in a virtual navigation task. *Neuroreport* 15:135–140.
- Kalisch, R., Wiech, K., Critchley, H. D., & Dolan, R. J. (2006). Levels of appraisal: a medial prefrontal role in high-level appraisal of emotional material. *Neuroimage*, 30(4), 1458-1466.
- Khushaba, R. N., Greenacre, L., Kodagoda, S., Louviere, J., Burke, S., & Dissanayake, G. (2012). Choice modeling and the brain: A study on the Electroencephalogram (EEG) of preferences. *Expert Systems with Applications* 39(16), 12378-12388.
- Khushaba, R. N., Wise, C., Kodagoda, S., Louviere, J., Kahn, B. E., & Townsend, C. (2013). Consumer neuroscience: Assessing the brain response to marketing stimuli using electroencephalogram (EEG) and eye tracking. *Expert Systems with Applications*, 40(9), 3803-3812.
- Killgore, W. D., & Yurgelun-Todd, D. A. (2004). Activation of the amygdala and anterior cingulate during nonconscious processing of sad versus happy faces. *Neuroimage*, 21(4), 1215-1223.

- Kjaer TW, Nowak M, Lou HC. Reflective self-awareness and conscious states: PET evidence for a common midline parietofrontal core. *Neuroimage* 2002; 17: 1080–6.
- Kober, S. E., Kurzman, J., & Neuper, C. (2012). Cortical correlate of spatial presence in 2D and 3D interactive virtual reality: An EEG study. *International Journal of Psychophysiology*, 83(3), 365-374.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (2005). International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. NIMH, Center for the Study of Emotion & Attention.
- Lou HC, Luber B, Crupain M, Keenan JP, Nowak M, Kjaer TW, et al. Parietal cortex and representation of the mental self. *Proc Natl Acad Sci USA* 2004; 101: 6827–32.
- Mangun, G. R., Buonocore, M. H., Girelli, M., & Jha, A. P. (1998). ERP and fMRI measures of visual spatial selective attention. *Hum Brain Mapp*, 6(5-6), 383-389.
- Marsh, R., Zhu, H., Schultz, R. T., Quackenbush, G., Royal, J., Skudlarski, P., & Peterson, B. S. (2006). A developmental fMRI study of self-regulatory control. *Human brain mapping*, 27(11), 848-863.
- Mennin, D. & Farach, F. (2007). Emotion and evolving treatments for adult psychopathology. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 14, 329-352.
- Mognon, A., Jovicich, J., Bruzzone, L., & Buiatti, M. (2011). ADJUST: An automatic EEG artifact detector based on the joint use of spatial and temporal features. *Psychophysiology*, 48(2), 229-240.
- Moussa, M. B., & Magnenat-Thalmann, N. (2009). Applying affect recognition in serious games: The playmancer project. In *Motion in Games* (pp. 53-62). Springer Berlin Heidelberg.

- Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2005). The cognitive control of emotion. *Trends in cognitive sciences*, 9(5), 242-249.
- Ochsner, K.N., Gross, J.J. (2007). The neural architecture of emotion regulation. In: Gross, J.J., Buck, R. (Eds.), *The Handbook of Emotion Regulation*. Guilford Press, New York, pp. 87-109.
- Paquette, V., Beaugregard, M., & Beaulieu-Prévost, D. (2009). Effect of a psychoneurotherapy on brain electromagnetic tomography in individuals with major depressive disorder. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 174(3), 231-239.
- Pascual-Marqui, R. D. (2002). Standardized low-resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA): technical details. *Methods Find Exp Clin Pharmacol*, 24(Suppl D), 5-12.
- Pascual-Marqui, R. D., Lehmann, D., Koenig, T., Kochi, K., Merlo, M. C., Hell, D., & Koukkou, M. (1999). Low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA) functional imaging in acute, neuroleptic-naive, first-episode, productive schizophrenia. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 90(3), 169-179.
- Pascual-Marqui, R. D., Michel, C. M., & Lehmann, D. (1994). Low resolution electromagnetic tomography: a new method for localizing electrical activity in the brain. *International Journal of psychophysiology*, 18(1), 49-65.
- Paus, T., Koski, L., Caramanos, Z., & Westbury, C. (1998). Regional differences in the effects of task difficulty and motor output on blood flow response in the human anterior cingulate cortex: a review of 107 PET activation studies. *Neuroreport*, 9(9), R37-R47.

- Phillips, M. L., Drevets, W. C., Rauch, S. L., & Lane, R. (2003). Neurobiology of emotion perception II: implications for major psychiatric disorders. *Biological psychiatry*, 54(5), 515-528.
- Phillips, M. L., Ladouceur, C. D., & Drevets, W. C. (2008). A neural model of voluntary and automatic emotion regulation: implications for understanding the pathophysiology and neurodevelopment of bipolar disorder. *Molecular psychiatry*, 13(9), 833-857.
- Ray, R. D., Ochsner, K. N., Cooper, J. C., Robertson, E. R., Gabrieli, J. D., & Gross, J. J. (2005). Individual differences in trait rumination and the neural systems supporting cognitive reappraisal. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 5(2), 156-168.
- Rey, B., Rodríguez, A., & Alcañiz, M. (2012). Using portable EEG devices to evaluate emotional regulation strategies during virtual reality exposure. *Studies in health technology and informatics*, 181, 223-227.
- Rodríguez, A., Rey, B., & Alcañiz, M. (2013a). Evaluating Virtual Reality Mood Induction procedures with portable EEG devices. *Proceedings of the Cybertherapy 2013, 18th Annual CyberPsychology and CyberTherapy Conference, Brussels (Belgium)*.
- Rodríguez, A., Rey, B., & Alcañiz, M. (2013b). Validation of a Low-Cost EEG Device for mood induction studies. *Proceedings of the Cybertherapy 2013, 18th Annual CyberPsychology and CyberTherapy Conference, Brussels (Belgium)*.
- Rubia, K., Overmeyer, S., Taylor, E., Brammer, M., Williams, S. C. R., Simmons, A., ... & Bullmore, E. T. (2000). Functional frontalisation with age: mapping neurodevelopmental trajectories with fMRI. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 24(1), 13-19.

- Saxena, S., Brody, A. L., Ho, M. L., Zohrabi, N., Maidment, K. M., & Baxter, L. R. (2003). Differential brain metabolic predictors of response to paroxetine in obsessive-compulsive disorder versus major depression. *American Journal of Psychiatry*, 160(3), 522-532.
- Shields, A., Cicchetti, D. (1997) Emotion regulation among school-age children: The development and validation of a new criterion Q-sort scale. *Developmental Psychology* 33(6), 906-916.
- Smoski, M. J., Keng, S. L., Schiller, C. E., Minkel, J., & Dichter, G. S. (2013). Neural mechanisms of cognitive reappraisal in remitted major depressive disorder. *Journal of affective disorders*, 151(1), 171-177.
- Stein, J. L., Wiedholz, L. M., Bassett, D. S., Weinberger, D. R., Zink, C. F., Mattay, V. S., & Meyer-Lindenberg, A. (2007). A validated network of effective amygdala connectivity. *Neuroimage*, 36(3), 736-745.
- Sutherland, G., Newman, B., & Rachman, S. (1982). Experimental investigations of the relations between mood and intensive unwanted cognitions. *British Journal of Medical Psychology*, 55, 127–138. Teasdale, JD.
- Suveg, C., Southam-Gerow, M. A., Goodman, K. L., & Kendall, P. C. (2007). The role of emotion theory and research in child therapy development. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 14(4), 358-371.
- Velten, E. (1968). A laboratory task for induction of mood states. *Behaviour research and therapy*, 6(4), 473-482.
- Vytal, K., & Hamann, S. (2010). Neuroimaging support for discrete neural correlates of basic emotions: a voxel-based meta-analysis. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(12), 2864-2885.

- Wager, T.D., Matthew, L., Davidson, M.L., Hughes, B.L., Lindquist, M.A., Ochsner, K.N. (2008). Prefrontal-subcortical pathways mediating successful emotion regulation. *Neuron* 59(6), 1037-1050.
- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. *Journal of personality and social psychology*, 54(6), 1063.
- Werner, K. & Gross, J.J. (2010). *Emotion Regulation and Psychopathology. Emotion Regulation and Psychopathology: A transdiagnostic approach to etiology and treatment*. Ed. Guildford Press.
- Zhang, B., Wang, J., Fuhlbrigge, T. (2010). A Review of the Commercial Brain-Computer Interface Technology from Perspective of Industrial Robotics. *Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Automation and Logistics*.
- Ziv, M., Goldin, P. R., Jazaieri, H., Hahn, K. S., & Gross, J. J. (2013). Emotion regulation in social anxiety disorder: behavioral and neural responses to three socio-emotional tasks. *Biology of mood & anxiety disorders*, 3(1), 20.

Capítulo 4.

A VR-Based Serious Game for Studying Emotional Regulation in Adolescents

Alejandro Rodríguez, Beatriz Rey, M^a Dolores Vara,
Maja Wrzesien, Mariano Alcañiz, Rosa M^a Baños &
David Pérez-López

Inter-University Research Institute for Bioengineering and Human-Oriented
Technology (UPV), Ciudad Politécnica de la Innovación, Cubo Azul, Edif.
8B, Acceso N, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, Spain.

IEEE COMPUTER GRAPHICS AND APPLICATIONS (2015) 35, 65-73

DOI: 10.1109/MCG.2015.8

Abstract. People all use more or less adapted strategies to confront adverse emotional situations in their lives without being psychologically affected. The emotional regulation (ER) strategies that we use determine the way in which we feel, express, and behave. Moreover, ER strategies are particularly important in adolescents, a population for which ER strategy deficits can be linked to the appearance of numerous mental health disorders, such as depression or anxiety, or disruptive behaviors. Thus, the early detection of dysfunctional ER strategies and training in adaptive ER strategies can help to prevent future occurrences of possible behavioral and psychosocial disorders. In this article, the authors present the GameTeen System (GT-System), a novel instrument based on virtual reality and serious games for the assessment and training of ER strategies in adolescents. The results of their preliminary evaluation suggest that this system can effectively train and evaluate emotional regulation strategies in adolescents.

Keywords. Computer graphics, serious games, virtual reality, emotional regulation, Unity3D, ECG

Acknowledgments. We thank the participants of the “Escola d’Estiu” of the Universitat Politècnica de València for their collaboration. We also express special gratitude to the development team, José Julián Ramírez Rivas and David Pérez Camiño, for their engagement in the project. Finally, we thank our colleague Iván García Gallego for his help. This study was funded by Ministerio de Educación y Ciencia Spain, Project Game Teen (TIN2010-20187), and partially by Ministerio de Economía y Competitividad, Project PSI2013-48260-C3-2-R, and “CIBER of Physiopathology of Obesity and Nutrition, an initiative of ISCIII.” The work of Alejandro Rodríguez was supported by the Spanish MEC under an FPI grant BES-2011-043316.

4.1 Introduction

Emotional regulation (ER) strategies determine the way in which people feel, express, and regulate their emotions (Gross, 1998). Every day there is more research emphasizing the role that these ER strategies play in the development and maintenance of adaptive and healthy behaviors. Adaptive ER strategies are especially important during adolescence, when deficits in this area become evident and might result in psychosocial and behavioral problems. Indeed, there is a great social concern for the increase in psychological disorders as well as disruptive behavior and the increase in school-age bullying. Therefore, a current challenge is the prevention of numerous emotional and behavioral problems through the early detection of dysfunctional ER strategies and training in adaptive ER strategies.

We believe that innovative technologies can provide society with a new tool to help prevent psychological and behavioral disorders in the adolescent population. Toward that end, we designed and developed the GameTeen System (GT-System); an interactive virtual reality (VR) serious game (SG) based system for training and evaluation of ER strategies.

4.2 ER Assessment, Instruments, and Engagement

Currently, ER assessment instruments are based on subjective questionnaires that ask patients about the ways in which they experience and manage their emotions. Another evaluation method is the use of laboratory tests in which patients are asked to carry out tasks that generate emotions, or these emotions are induced in order to subsequently assess the strategies patients use to regulate them.

One of the limitations of the traditional instruments for ER assessment is the lack of objectiveness of their results. Indeed, the results collected come from the subjective responses of patients based on a series of questions regarding their emotions and the way how they handle these emotions. This drawback

could be solved by using techniques that provide more objective results, such as physiological signals.

Therefore, we aimed to address this particular limitation in the design of the GT-System. The GT-System allows the real-time monitoring and registration of psychological and physiological parameters, such as a wireless electrocardiogram (ECG), and emotional state evaluation that are useful for the assessment of applied ER strategies.

Although traditional instruments (such as questionnaires) have proven useful in the clinical psychology field, they have several limitations. Specifically, adolescents, who are especially reluctant to be assessed, find them repetitive, boring, and unattractive. We believe that with the development of instruments based on a SG, and the great capacity for immersion and persuasion of new technologies such as VR, we can make the evaluation and intervention process much more attractive and motivational. Indeed, researchers have already demonstrated the effectiveness of SGs in fields such as the treatment of anxiety and attention disorders (Pope et al., 2001). For example, the system used in the Playmancer used multimodal recognition of emotions, in combination with a SG for the training of ER strategies, in a general population (Moussa et al., 2009).

4.3 GT-System

The proposed GT-System is based on an interactive virtual reality serious game. The goal is to train and evaluate users' abilities to tolerate and/or cope with unwanted emotions through the use of ER strategies. This system was designed according to intervention program principles, which consider that ER is a process that requires prior affective differentiation. In other words, to control the emotional experience, it is necessary to have the ability to recognize internal emotional states and differentiate between them.

Accordingly, it is necessary to assess the ER strategies that each patient uses in order to detect deficiencies on which to focus an intervention.

Therefore, to comply with the intervention program, the GT-System consists of two steps: a Frustration Induction Game in which the GT-System induces frustration in the user and a training phase during which adaptive ER strategies can be taught.

4.3.1 Frustration Induction Game

The Frustration Induction Game is a new version of the classic “whack a mole” game. The game is located in a rural landscape with several holes, in which several moles can appear continuously while the user plays the game (see **Figure 4.1a**).

The purpose of the game is to whack all the moles with the help of a virtual mace that is held using a customized, semitransparent avatar controlled by the participant with the mouse. The game has three difficulty levels that are related to the velocity and frequency with which the moles appear. During three minutes of the game, the goal is for patients to hit the maximum possible number of moles and maximize their score (a precise hit is worth 15 points, and an incorrect hit costs –10 points). Scores are published on the GameTeen website, where the patients can check their scores and compare their placing in a ranking that is also accessible to therapists.

The game is designed so that some hits will be inaccurate in order to induce frustration in the patients. When a mole appears, the system automatically assigns it a random value that is compared with the threshold value of the level. When the number is lower than the threshold value, the mole can escape. Therefore, the likelihood that a mole can escape unharmed, even if the participant’s action was accurate, is 40 percent for level 1, 50 percent for level 2, and 65 percent for level 3.



Figure 4.1. Frustration Induction Game. (a) The game is located in a rural landscape with several holes, in which moles can appear continuously while the user plays the game. (b) A reddish flash appears when a mole escapes.

Also, in order to further increase frustration, the system utilizes several negative reinforcement tools, including several mocking sounds and reddish flashes (see **Figure 4.1b**) that appear when a mole escapes during a short period of time. In addition, the game displays negative messages, such as “You won’t make it,” every 30 seconds.

4.3.2 ER Strategy Training Phase

For the training phase, we also developed two mini-games: the respiration and attention strategy games.

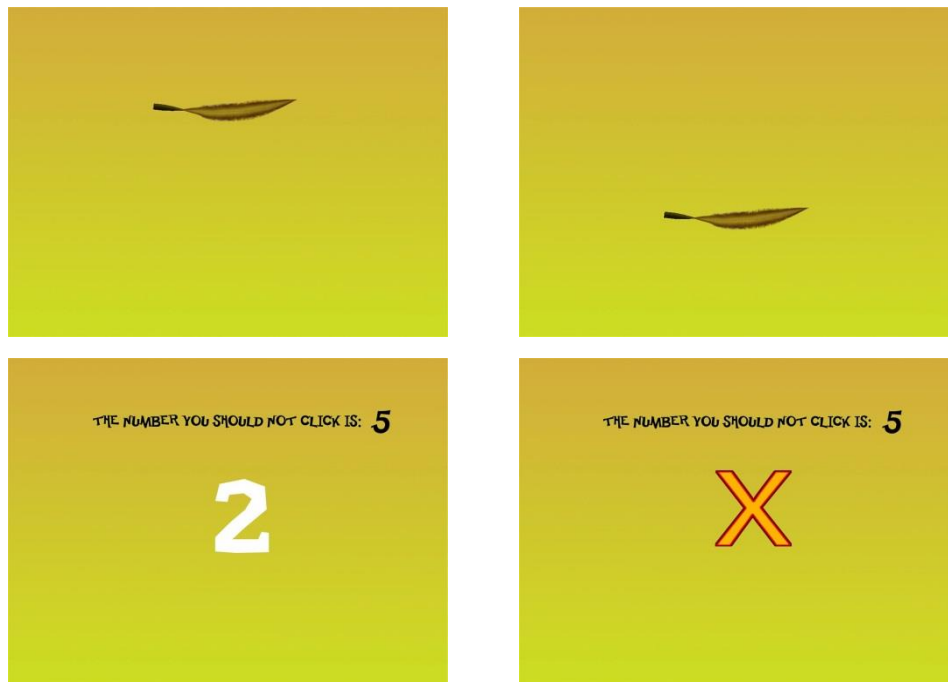


Figure 4.2. ER strategy training phase. Two mini-games were developed as part of the training phase: (a, b) the respiration strategy game and (c, d) the attention strategy game.

The respiration strategy game consists of a feather (**Figures 4.2a and 4.2b**) that goes up and down nine times on the screen. During this game, users

have to breathe in and breathe out at the same rate as the feather goes up and down. This ER strategy lasts 45 seconds and the duration of the feather's movements is constant (2.5 seconds each).

The attention strategy game consists of a number sequence (Figures 2c and 2d) that appears on the screen. The users have to click the mouse over the number only when the number that appears is different from the number indicated in the instructions. The number is shown on the screen for 0.8 seconds. Then this number disappears and is replaced by an X for 0.7 seconds, after which another random number appears, and so on. For example, in the **Figure 4.2c**, the participants must click while the number is on the screen before the X (**Figure 4.2d**) appears, provided that the displayed number is not a 5.

4.4 GT-System Technology

The goal of the GT-System is to integrate the player and therapist applications. A wireless ECG is connected to the therapist's PC via a Bluetooth wireless connection. The GT-System was programmed in C#, a programming language that has many communication devices and Web service libraries, using Unity3D as the development environment. Unity3D is a cross-platform game engine with a built-in IDE developed by Unity Technologies that is used to develop videogames for Web plug-ins, desktop platforms, consoles, and mobile devices.

4.4.1 Player and Therapist Applications

The first version of the GT-System was developed (for both the player and therapist versions) to be played using a mouse and keyboard. Therapists use their version of the application to monitor each patient's progress as he or she uses the game and training applications. In addition, both applications can monitor the recorded ECG signal and estimate the patient's heart rate in real time (**Figure 4.3**).

To allow the therapist to observe what the patients see on their screens, we designed a client-server communication architecture where the therapeutic application works as a server and creates the game that a player's application has to join. Then, when the game begins, the player's application sends remote procedure calls (RPC) with events, positions, and orientations, allowing the therapist's application to see the player's application screen.



Figure 4.3. Therapist application. Therapist can see in real time the patient playing the games and monitor the patient's ECG signal and estimated heart rate.

For the physiological monitoring, the wireless ECG platform is connected to the PC via Bluetooth using a serial port. Unity3D can read ECG values by using the System.IO.Ports library. This process is controlled by the therapist's application, which enables the serial port communication, reads the received data, and transfers these values in a CSV file. In addition, the

ECG signal is also plotted in the therapist's application (see **Figure 4.3**) to verify the accuracy of the communication and evaluate both the ECG's changes related to the emotions and ER strategies applied during the games, all in real time. Because Unity3D does not have appropriate tools for plotting the ECG signal, we developed a small program in OpenGL that links two points with a line in 2D coordinates using the glVertex function. Finally, the therapist's application also has an algorithm that estimates the patient's heart rate using the received values and displays it on the screen.

4.4.2 Modeling the Virtual Components

The GT-System provides an evaluation and training of ER strategies for adolescents. For this reason, all virtual components were designed for this target population. Specifically, our team modeled these virtual components: a mole, an avatar, a mace, and a rural landscape (see **Figure 4.4**).

The virtual camera is located behind the neck of the avatar, with a 45 degree downward tilt. Because the avatar must be moved to reach all the holes, we designed a system that allows the user to move the avatar with mouse movements. A transparent, flat surface is placed perpendicular to the hip of the avatar to cover all the field of view. An invisible line connects the center of the avatar's viewpoint with the mouse cursor (also invisible). In this way, the intersecting point between this line and the flat surface will be the point where the avatar will whack.

Finally, for the avatar's movements, we designed a biped skeleton, whose geometry of bones can be correctly modified in accordance with the whack's action, using an inverse kinematics (IK) algorithm that allows arm movement. The movement of the arm corresponds to the mouse pointer movement. The reference point of the mouse pointer is placed on the skeleton wrist.

The virtual components and their animations were created by our team in Autodesk 3DS Max, exported in FBX format, and directly loaded through Unity3D.





Figure 4.4. Virtual components. Models of (a) a mole, (b) an avatar, (c) a mace, and (d) the rural land. The target population (adolescents) was taken into account in the design.

4.4.3 GT-System description

Figure 4.5 provides a brief graphic that summarizes the logic of the GT-System. To use the GT-System, the user must create a username and password via the GameTeen website (**Figure 4.6**). To obtain a username and password, the patient must complete a form and provide personal

information, such as name, surname, age, city, gender, email address, and username, which will be used for subsequent analysis.

After the authentication phase, the patients proceed to the selection screen where they can choose the initial difficulty level and personalize their avatar (by choosing the gender, hair color, clothes, and initial emotional expression) that represents them in the game. The avatar personalization step also provides the therapists with additional information about a patient’s initial mood and its evolution during the use of the system.

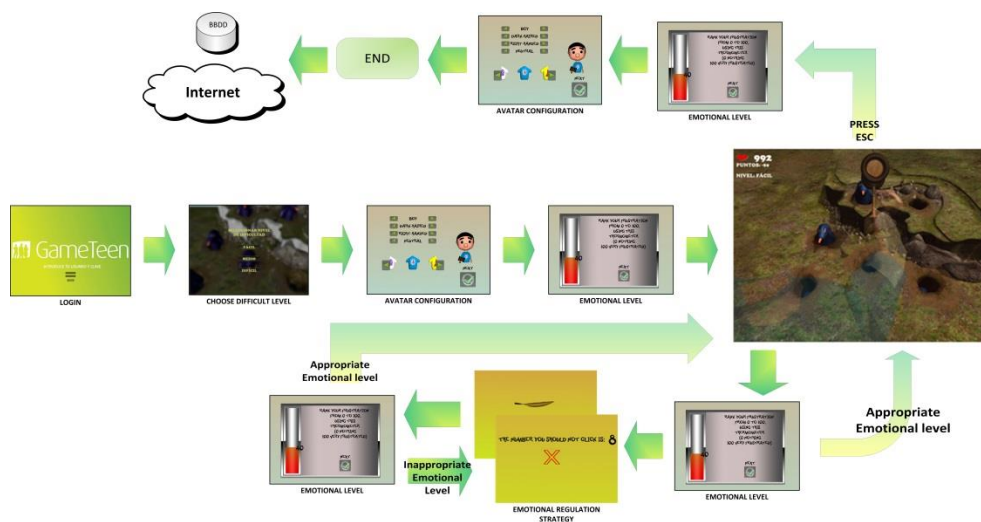


Figure 4.5. A GT-system logic schema. There are three overall phases of operation: initialization (middle row), training alternating between frustration induction and emotional response training (bottom row), and final assessment (top row).

After this step, the patients are asked to indicate their emotional level (frustration) using a thermometer, on a scale from 0 to 100. This data is saved as baseline frustration level. Then, the frustration induction game begins. During the game, the patients are asked to rate their frustration level

every 3 minutes and the answer is compared with their baseline level. If the reported frustration level is lower or equal to the baseline level, this indicates that the patient is adequately regulating his or her emotions related to frustration. However, patients need to repeat the game three times to determine if their capacities to regulate frustration are stable.

If the reported frustration level is higher or equal to baseline frustration level, the patients are directed to the ER strategy training phase. When the ER training ends, the frustration level is registered and compared again with the previous level. The frustration level is updated in the system each time in order to obtain a valid comparison. If the frustration level decreases, the participant will play the frustration induction game. However, if the frustration level increases or remains the same, the patients are sent back to the ER strategy training phase (a maximum of three times).

Patients can stop the game at any time by pressing the escape (Esc) button on the keyboard. The game session ends with a final assessment of the frustration level (measured with a thermometer) and the final personalization of the avatar. All the data are saved in the database with a call to a Web service developed for the GT-System.

4.5 System Evaluation

We evaluated the GT-System to obtain user feedback in a real application scenario. However, due to ethical issues, the system was validated with a nonclinical population (adolescents not diagnosed with any psychological or behavioral disorder).

Fifty-one adolescents participated in our study (28 boys), aged between 9 and 14 years. The median age was 11.23 years old, with a standard deviation of 1.42. We identified the participants through the Summer School of the Universitat Politècnica de València. All the parents of the adolescents

gave their informed consent prior to the inclusion of their children in the study.



Figure 4.6. GameTeen website. (a) Registration screen and (b) ranking list screen.

4.5.1 Instruments

We used two types of instruments (psychological and physiological measures) to evaluate a participant's experience during the use of the GT-System.

First, before the session, we administered the Difficulties in Emotion Regulation Scale (DERS) questionnaire, which measures (on a five-point scale) the degree to which each participant is able to apply ER strategies in an emotional situation. Higher answers indicate more difficulties with ER.

We also used thermometers to measure the frustration level (on a 100-point scale) felt by each participant before, during, and after the game session.

Lastly, we used an electronic platform (R-TIPS, Rodríguez et al., 2012) designed to capture the ECG signal of the participant in real time (see **Figure 4.7**). The platform incorporated Bluetooth synchronization to send the detected ECG signal to therapist's application. This wireless device allowed the participants to have more freedom of movement.

4.5.2 ECG Analysis

To obtain precise results, the ECG recordings were analyzed offline using custom software written in Matlab R2011b (MathWorks). We processed and cleaned up all possible artifacts in the ECG signal for each adolescent and calculated the exact heart rate (HR), which corresponds to heart beats per minute (bpm) for each moment of the game session.

4.5.3 Experimental Design

The experiment was conducted in individual sessions in the laboratory. Each session lasted for approximately 45 minutes and consisted of the following steps:

- 1.- The adolescent subject completed the DERS.
- 2.- The subject was trained to use the system.

- 3.- The R-TIPS devices were set up and synchronized with the therapist's PC.
- 4.- The subject looked at a black screen for 3 minutes so we could record a baseline for the cardiac signal analysis.
- 5.- The game session began.



Figure 4.7. Illustration of R-TIPS. This platform allows wireless monitoring of cardiac signals. (a) It consists of a transmitter system and three sensors. (b) The transmitter system is placed on the participant's hip, and the sensors are placed below right breast, on the right side, and on the back.

4.6 Results

We performed all the statistical analyses with SPSS 17.0 (IBM's predictive-analytics software), with an alpha level of 0.05. The results indicate that the GT-System seems to achieve the desired expectations, making it an effective tool to evaluate and train ER strategies.

4.6.1 Questionnaire Analyses

The analysis of the effectiveness of the frustration induction game, obtained with the thermometers, show that the frustration induction game was able to significantly increase ($p < 0.001$) the subject's frustration level between the beginning and end of the game (**Figure 4.8**).

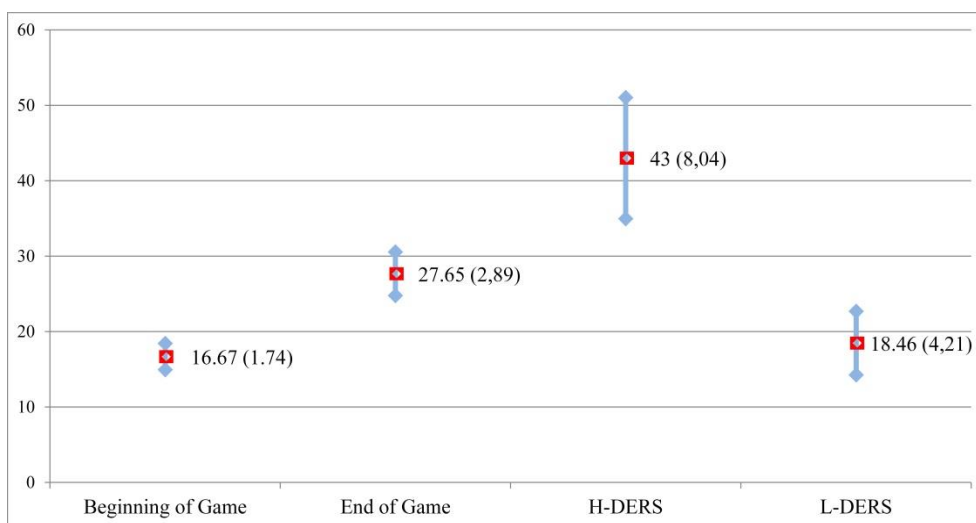


Figure 4.8. Mean values of frustration levels from the thermometers of participants at the beginning and end of the game phase and for the H-DERS and L-DERS groups at the end of the frustration induction. (The standard error of the mean is in parentheses).

The analysis of the regulation strategy's effectiveness showed that 72.5 percent of participants reduced their levels of frustration after they applied the regulation strategy. These results showed that the regulation strategy was able to regulate frustration in the adolescents.

The DERS questionnaire analysis confirmed the results obtained with the thermometers. Using the DERS questionnaires, we divided the adolescents in two groups. The group of participants who scored high on the DERS (10 participants) found it difficult to regulate their emotions (H-DERS). The

second group consisted of participants who scored low on the DERS (13 participants) and thus had less difficulty regulating their emotions (L-DERS). The rest of the participants were not considered because they had a normal level of ER capability.

Significantly higher frustration levels ($p < 0.009$) appeared in the H-DERS group when compared with the L-DERS group after the frustration induction game (see **Figure 4.8**). These results suggest that emotional induction was effective and was even more effective for the participants who had more difficulty regulating their emotions. On the other hand, no significant differences ($p=0.560$) between the H-DERS (mean 43, standard deviation 25.41) and L-DERS (mean 18.46; standard deviation 15.19) groups were observed after the respiration strategy and attention strategy games. Thus, the ER strategy training phase helped all the participants regulate their frustration level, regardless of their previous DERS score.

4.6.2 Heart Rate Analysis

Results from the analysis of the mean HR values during the three different phases of the study (baseline, induction, and regulation) showed a significant increase ($p < 0.001$) of mean HR values when the frustration was induced. This may indicate that the system effectively induced frustration. A decreasing trend in the mean HR was observed after the ER strategy training phase (**Figure 4.9**). This corresponds to the results obtained with the questionnaire, which show a decrease of the frustration level after playing the respiration strategy and attention strategy games.

4.7 Conclusions

The results obtained using the questionnaires and ECG signals suggest that the GT-System can effectively train and evaluate ER strategies in adolescents. However, we are aware that a nonclinical population was used for this evaluation. Therefore, it is necessary to confirm the efficacy of the

system in a future evaluation using a clinical population (with adolescents who have been diagnosed with an ER disorder).

Meanwhile, we have already begun developing a second version of the GT-System with some improved features such as using other physiological signals, introducing biofeedback techniques, and improving the user-system interactivity by introducing Microsoft Kinect. We also plan to develop more games to train and evaluate other emotional states in adolescents, such as sadness and happiness.

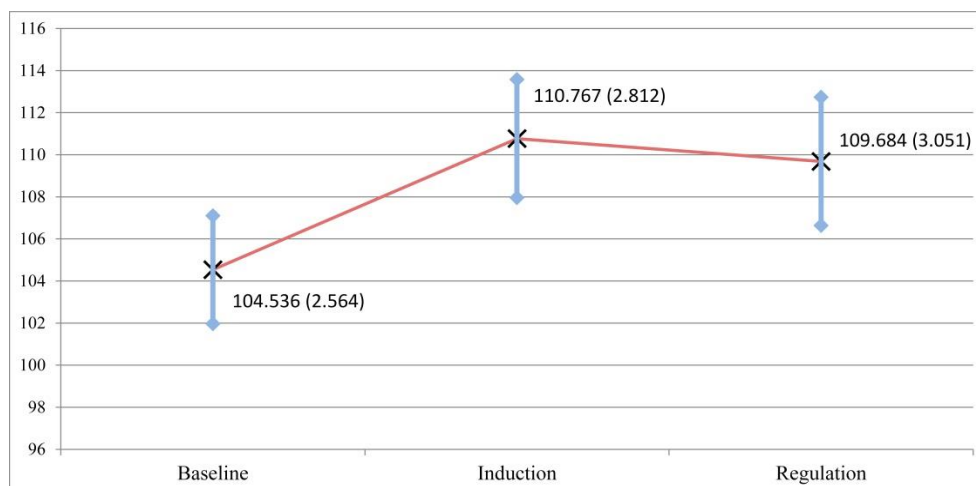


Figure 4.9. Mean values of mean HR of participants during the baseline, induction, and regulation phases. (The standard error of the mean is in parentheses).

4.8 References

- Gross, J.J. “The Emerging Field of Emotion Regulation: An Integrative Review,” *Rev. General Psychology*, vol. 2, no. 3, 1998, pp. 271–299.
- Pope, A.T. and Paison, O.S. “Helping Video Games ‘Rewire Our Minds,’” *Proceedings of Playing by the Rules Conference*, October 26-27, Chicago, IL, 2001.

Moussa, M.B. and Magnenat-Thalmann, N. “Applying Affect Recognition in Serious Games: The Playmancer Project,” *Motion in Games*, Springer, 2009, pp. 53–62.

Rodríguez, A. et al., “Reliability and Validity of TIPS Wireless ECG Prototypes,” *Ann. Rev. Cybertherapy and Telemedicine 2012: Advanced Technologies in the Behavioral, Social and Neurosciences*, vol. 181, 2012, p. 83.

Capítulo 5.

How the physical similarity of avatars can influence the learning of emotion regulation strategies in teenagers

Maja Wrzesien, Alejandro Rodríguez, Beatriz Rey,
Mariano Alcañiz, Rosa M^a Baños & M^a Dolores Vara

Inter-University Research Institute for Bioengineering and Human-Oriented
Technology (UPV), Ciudad Politécnica de la Innovación, Cubo Azul, Edif.
8B, Acceso N, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, Spain.

COMPUTERS IN HUMAN BEHAVIOR (2015) 43, 101-111

DOI: 10.1016/j.chb.2014.09.024

Abstract. The aim of this study is to evaluate the influence of the physical similarity of avatars with the user on emotion regulation strategy training. In this study twenty-four teenagers observed an avatar (either physically similar to the participant or neutral) that gets frustrated with his/her computer, after which he/she applies an emotion regulation strategy (slow breathing). The intensity of the emotional induction and regulation processes was measured using questionnaires and electroencephalogram data. The results show that observing an avatar that is physically similar to the participant has a significantly greater impact on emotional valence and arousal in participants and also induces emotional states that are significantly more intense than when observing a neutral avatar. The results seem to indicate significantly greater activation of specific brain regions that are related to these processes and greater identification with the avatar in terms of both subjective and objective measures in participants that observed an avatar that was physically similar to them. However, there were no significant differences in the sense of presence or the appeal (i.e., satisfaction) to participants regarding the virtual environment. The use of avatars in mental health applications is relatively new and its specific influence is still unknown. We consider this study to be a first step forward in better understanding the use of avatars in mental health applications for youth. This research brings new guidelines to the design of different types of applications in this field in order to achieve greater behavioral changes in youth.

Keywords. Avatars, Virtual reality, Emotions regulation, Teenagers

Acknowledgments. We would like to express our gratitude to students and teachers from Ramon Llull Valencian High School for their engagement and participation in the project. This study was funded by Ministerio de Educación y Ciencia Spain, Project Game Teen (TIN2010-20187) and partially by projects Consolider-C (SEJ2006-14301/PSIC), “CIBER of Physiopathology of Obesity and Nutrition, an initiative of ISCII” and Excellence Research Program PROMETEO (Generalitat Valenciana, Conselleria de Educación, 2008-157). The work of Alejandro Rodríguez was supported by the Spanish MEC under an FPI Grant BES-2011-043316.

5.1 Introduction

The ability to regulate one's emotions corresponds to a critical aspect of socioemotional competence and provides an important foundation for inter- and intra-personal functioning. Recent studies in clinical psychology have demonstrated that people with emotional disorders frequently use maladaptive emotion regulation strategies (Barlow et al., 2011), and these studies have also shown a significant relationship between depression, stress, and coping strategies (Botella, Moragrega, Baños, & García-Palacios, 2011). Moreover, youth with different psychological disorders exhibit a wide range of difficulties related to expression, understanding, and/or regulation of emotions that may contribute to the onset or maintenance of their symptoms (e.g., Suveg, Southam-Gerow, Goodman, & Kendall, 2007). Research from the affective neuroscience field has also demonstrated the importance of emotion regulation processes in brain development. Numerous studies in the field of neuropsychology (see Davidson, 2000 for a brief review) have identified brain structures that underlie emotional responding (e.g., Phillips, Ladouceur, & Drevets, 2008) that make up a complex network that is responsible for processing responses to emotional events (Ochsner & Gross, 2005). These involve brain structures such as the ventromedial prefrontal cortex, the dorsolateral prefrontal cortex, the orbitofrontal cortex, amygdala, insula, hippocampus, cingulate cortex (Davidson, 2000; Ertl et al. Ertl, Hildebrandt, Ourina, Leicht, & Mulert, 2013; Ochsner, Beer, Robertson, et al., 2005; Phillips et al., 2008; Suveg et al., 2007). These neuronal networks, which mature throughout childhood and adolescence, play an important role during emotion regulation processes and support the brain regions that are involved in reward processing, cognitive processes (e.g. attention), response inhibition to emotional stimuli, and risk taking (Marsh et al., 2006; Phillips et al., 2008; Rubia et al., 2000). Studies from both affective neuroscience and clinical psychology have demonstrated the importance of emotion regulation programs in child

development (Suveg et al., 2007) and its crucial importance for socioemotional competence as well as for the prevention and treatment of mental health issues (Southam-Gerow & Kendall, 2002). Therefore, the application of emotion regulation programs seems to be crucial in order to help train and improve executive function networks that are related to attention, which in turn involve emotional changes and more favorable life outcomes (Posner, Rothbart, & Tang, 2013). Since teenagers have been identified as a population that is particularly vulnerable to mental disorders (Patel, Fisher, Hetrick, & McGorry, 2007), and the increase in indiscipline and physical and psychological violence has been specifically noted for this age group (Serrano & Iborra, 2005), our study focuses on this particular demographic.

One of the possible pathways for learning appropriate emotion regulation strategies corresponds to Modeling Therapy (MT) (Bandura, 1977; Bandura, 2001). Bandura (1977), Bandura (2001) assumes that people can change their behavior by observing models of other people that successfully cope with the problems they face. Therefore, a teenager that has difficulties with the regulation of his/her emotions can observe someone dealing with the same issues in a more adaptive way and learn new coping strategies from this model. Even though MT has proven to be efficacious, it also has the following drawbacks: (1) the therapy and its preparation can be time-consuming; (2) there may be logistic difficulties (i.e., difficulty to get the room, the feared stimuli, actors); and (3) it is not easy to provide factors such as identification with the observed model (i.e., the actor should have the same gender and the same physical characteristics, etc.). Recently, innovative technologies such as VE and avatars have placed Bandura's MT in a new light by responding to these drawbacks (e.g. Bailenson, Blascovich, & Guadagno, 2008). An avatar that looks like the self, namely Virtual Representations of the Self (VRS), was recently created by Bailenson and et al. (2008). The authors used photographs of individuals in

order to create digital representations of humans that look like the self. According to Bailenson et al. (2008) VRSs can be used to create the ideal model by maximizing feelings of similarity in order to allow the demonstration of a wide range of rewards and punishments and to customize the VRS behavior to show an optimal performance that the physical self (e.g. an actor) cannot yet achieve. For instance, VRSs can represent the highest level of similarity to the observer (e.g. same age, gender, skill level, emotional state). Such similarities allow the individuals to develop feelings of identification with the VRSs and to develop empathy towards them (Gilliath, McCall, Shaver, & Blascovich, 2008). These feelings correspond to the identification factor that according to Bandura increases the effectiveness of VRSs as persuasive agents. Moreover, VRSs can also represent the effects of one's behavior in the short term (i.e., demonstrating the reward for one's behavior in an accelerated way). For instance, VRSs can demonstrate in a short time period different levels of attainable or ideal states (e.g. a physical state such as losing weight or an emotional state such as being proud of achieving a goal). By directly observing the results of their actions, individuals can be motivated to make a significant lifestyle change, showing that such changes are achievable (Fox & Bailenson, 2009). According to Bandura, this corresponds to the vicarious reinforcement factor, which increases the likelihood of the observer performing the modeled action. It also allows observers to believe in their self-efficacy regarding the observed behavior, which also has an impact on the observers' performance. Recent series of studies using VRSs have demonstrated the significant influence of these avatars on human behavior. Specifically, VRSs have been effectively used to do the following: promote physical exercise (Fox & Bailenson, 2009); modify eating habits (Fox & Bailenson, 2009); promote financial saving behavior (Ersner-Hershfield et al., 2011); modify product preferences (Ahn & Bailenson, 2011); induce greater embodiment (Fox, Bailenson, & Tricase, 2013) and greater physiological

arousal (Fox, Bailenson, & Ricciardi, 2012). The similarity of avatars has also an impact on the social behavior in the Game-Based Virtual Community. According to Lortie and Guitton (2011), Lortie and Guitton (2012), human-like avatars display more homogeneity in their social groups than non-human avatars, and the visual similarity among group members provide high level of group stability over time. The authors suggest that the therapeutic potential of online support groups may be promoted through visual cohesion and a way to reinforce social bonds among participants. To the authors' knowledge, VRSs have not yet been applied to behavioral modification in the field of emotion regulation. Since new technologies have been identified as potential tools for increasing engagement in therapy and accessibility of treatment (Coyle, Doherty, Matthews, & Sharry, 2007), an interesting channel for providing an emotion regulation program to youth would be to use new technologies such as a Virtual Environments (VE) and VRS avatars.

VE and avatars resolve some of the problems associated with the traditional setting for delivering MT: (1) the time necessary for preparation corresponds only to the development and modeling of VE, which can be used for as many patients/participants as needed, at any time, and in any location; (2) all the necessary stimuli can be developed, modeled, and made available with a simple click of the computer button, which decreases the logistic issues; and (3) the avatars can be modeled in a way to perfectly respond to both identification and reinforcement factors that influence the change in behavior. Furthermore, individuals can interact in the VE spaces in a way that gives them the sensation of being present (Baños et al., 1999). In other words, they feel that the VE is real and that their sensations, feelings, and actions correspond to what can be perceived in VE as opposed to the real environment (Lee, 2004; Lombard & Ditton, 1997). Although numerous definitions and theoretical conceptualizations of presence exist, the authors of empirical studies and theoretical models agree on the fact that

presence is a multi-dimensional concept (e.g. Lee, 2004. Lessiter, Freeman, Keogh, & Davidoff, 2000; Schubert, Friedmann, & Regenbrecht, 2001) that includes at least the following factors: (a) spatial presence (i.e., the feeling of physically being in the virtual space); (b) involvement (i.e., the attention to the virtual stimulus); and (c) realness (i.e., the feeling that the virtual stimulus coincides with the expectation of a real stimulus). In the context of virtual therapeutic environments, presence has been identified as a necessary construct for eliciting emotions (e.g. anxiety) during the exposure (Price & Anderson, 2007). However, the relationship between emotions and presence is still under investigation, and a bidirectional relationship is possible (Riva et al., 2007). The high level of presence in the VE also allows individuals to feel as if they were interacting with the VE rather than the real physical space, which in turn also has an impact on a greater sense of connection with the avatar (e.g. Behm-Morawitz, 2013), or what can be called self-presence (e.g. Biocca, 1997; Tamborini et al., 2004).

The aim of this study is to evaluate the influence of the physical aspects of the avatars on the learning of emotion regulation strategies in teenagers. Since the introduction of avatars in mental health applications is relatively new, a deeper understanding of their influence on the user's behavior is of great importance. Considering previous studies, VRSs applied to the MT framework can provide a useful tool for learning emotion regulation strategies in teenagers. More specifically, this study evaluates how the physical similarity of the avatar can influence the intensity of emotional induction and regulation of the emotion of frustration in teenagers. The following hypotheses were tested:

H1

The avatar that looks like the self (VRS) will induce greater frustration in participants than the neutral avatar (VRN) in terms of subjective measures (questionnaires) and will be reflected in terms of EEG by greater brain

activation in areas that are related to emotional processing (e.g. limbic regions).

H2

The avatar that looks like the self (VRS) will better promote more emotion regulation in participants than the neutral avatar (VRN) in terms of subjective measures (questionnaires) and will be reflected in terms of EEG by greater brain activation in areas that are related to emotion regulation (e.g. limbic and frontal regions).

H3

The avatar that looks like the self (VRS) will be able to induce a greater sense of presence in participants than the neutral avatar (VRN) in terms of subjective measures (questionnaires) and will be reflected in terms of EEG by brain activation in areas that are related to self-awareness (e.g. insula).

H4

Participants that use the VE with the avatar that looks like the self (VRS) will feel more identified with the avatar than participants that observe the neutral avatar (VRN) in terms of subjective measures (questionnaires) and will be reflected in terms of EEG by brain structure activation that is related to self-recognition (e.g. limbic, temporal, and frontal regions).

H5

The appeal of the environment will be greater for participants that use the VE with the avatar that looks like the self (VRS) than for participants that observe the neutral avatar (VRN).

5.2 Methodology

5.2.1 Research design

The goal of this study is to investigate the use of VRS as models that induce an emotional state (frustration) and demonstrate how to regulate it. A between-subjects design was employed for this experiment. The study compared two different types of avatars: (1) the Virtual Representation of the Self (VRS) of the participant in which the avatar has the same face as the participant (i.e., experimental group); and (2) the Virtual Representation with Neutral face (VRN) in which the avatar is different from the participant (i.e., control group). The scenarios for the two groups included the following: identical VE (i.e., a teenager's room), identical objectives (i.e., to teach emotion regulation strategy), and identical content (i.e., induce frustration and show how to regulate it by focusing attention on breathing), and the same location (college classroom). Any differences in student emotional regulation outcomes and appeal to students should be attributed to the avatar type factor.

5.2.2 Participants

A total of 22 teenagers with Spanish nationality and Spanish mother tongue (11 boys) participated in this study ($M = 13.27$; $SD = 0.47$ years old). Each participant was randomly assigned to one of two groups (the VRS group or the VRN group). The participants in each group observed a virtual scenario on a computer screen in which an avatar experiences a frustrating interaction with the computer, after which the avatar applies an emotional regulation strategy (i.e., focusing attention on breathing). The avatars were from the same ethnicity as the participants. Since all the participants were Spanish, all the avatars used in the study were similar to Spanish physical features. The only difference in the two groups corresponded to the avatar type factor (VRS vs VRN).

5.2.3 Instruments

The following quantitative measures were used in this evaluation:

- The Emotion Regulation Questionnaire for Children and Adolescents (ERQ-CA; Gross & John, 2003). The ERQ has 10 items that assess two emotional regulation strategies: Cognitive Reappraisal (6 items) and Expressive Suppression (4 items) on a 7-point Likert scale. The ERQ was applied as a control variable to determine the level for emotion regulation strategies in each group.
- The Visual Analogue Scale (VAS; adapted from Stern, Arruda, Hooper, Wolfner, & Morey, 1997). The VAS scale measures the current emotional state of a participant in terms of their frustration and relaxation state on a 7-point Likert scale. The measure is applied before the experimental session, before the induction phase, and after the regulation phase.
- The Self-Assessment-Manikin (SAM) scale (Lang, 1980). The SAM corresponds to a pictorial assessment that measures the valence, arousal, and dominance associated with a participant's affective reaction to a specific situation on a 9-point Likert scale. This measure is applied before the experimental session, before the induction phase, and after the regulation phase.
- The Presence-Self-Assessment-Manikin (P-SAM) scale (Schneider, Lang, Shin, & Bradley Bradley, 2004). The P-SAM corresponds to a pictorial assessment that measures the sense of presence in a VE on a 9-point Likert scale. This measure is applied after the experimental session.
- The Identification with the avatar questionnaire (adapted from Hooi & Choo, Cho, 2013 and & Li, Liao, & Khoo, 2013). This questionnaire measures the extent to which the participants have identified themselves with the avatar in terms of physical similarities as well as attitudes,

behavior, and emotional similarities. It evaluates these three dimensions on an 8-point Likert scale. The alpha of Cronbach obtained for this scale was .885.

- The Appeal questionnaire (AQ). AQ was developed by our research team to evaluate the appeal of the virtual scenario to the participant in terms of the educational value, fun, and likability of the avatar. The questionnaire evaluates these three dimensions with three items per dimension on an 8-point Likert scale. The alpha of Cronbach obtained for this scale was .776.

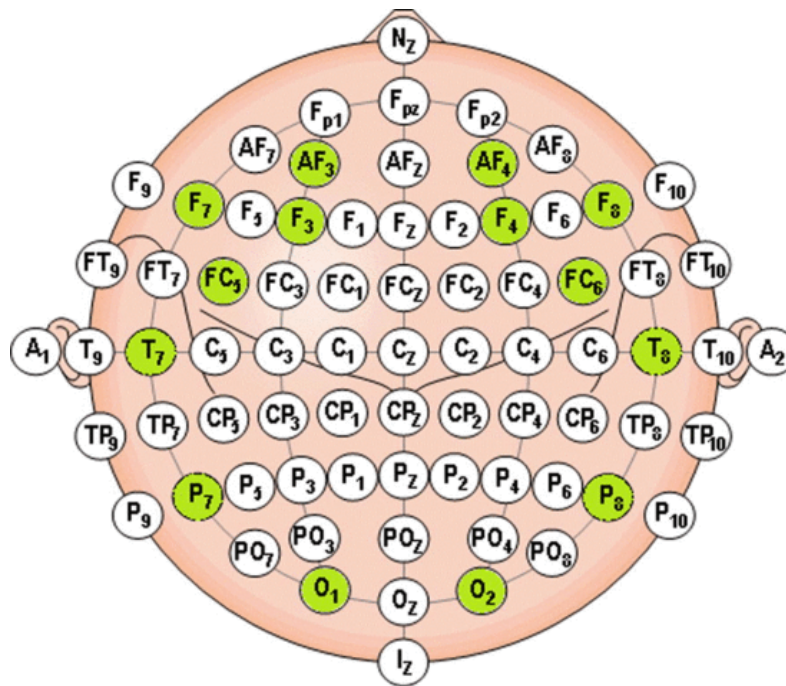


Figure. 5.1. Emotiv EPOC electrode positioning (Emotiv., 2013).

In addition, the following objective physiological measures were applied:

- Physiological Instrument EPOC-based EEG data collection (Emotiv EPOC). The Emotiv EPOC EEG device consists of 14 channels of EEG data. The names of the EEG channels, are based on the International 10–20 system, and corresponding to the positions AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8 and AF4 (**Figure 5.1**). The reference electrodes are located just above the participants' ears (CMR/DRL). Emotiv EPOC has a sample frequency of 2048 Hz which is down-sampled to 128 Hz before transmitting to a computer via Bluetooth. Prior to use, all of the felt pads on top of the sensor must be moistened with a saline solution (Khushaba et al., 2012). The Emotiv device was selected because of its low cost and portability so that the study could be performed in the school setting. Moreover, Badcock et al. (2013) showed its validity as an alternative to a clinical EEG tool while compared with a clinical EEG recording device.

5.2.4 Virtual environment

The VE consisted of a teenager's bedroom with a bed, a chair, shelving with some books and boxes, a desk with a laptop, and decorative objects. The avatar is sitting in front of the laptop (see **Figure 5.2**). Specifically, the scenario corresponds to a scene in which an avatar experiences a frustrated interaction with the computer, after which the avatar applies an emotion regulation strategy (i.e., slow breathing). The participants wore a headset through which they were able to listen to the sounds in the VE. The scenario has the following two phases: the frustration-induction phase and the relaxation-regulation phase, each of which lasts 3 min. Specifically, the scenario is the following: an avatar writes a text in his/her room and suddenly an error appears on the screen of his/her laptop. The avatar manages to resolve it easily by clicking on the esc button. A few seconds later, the error appears again and the esc button does not produce any effect. The avatar tries to find another way out; however, he/she starts to be frustrated. The same error appears a few more times with more frequency,

so the avatar gets really angry and starts punching the computer. Finally the avatar realizes that it has no effect on the issue and pushes away the chair and starts breathing slowly. The avatar type factor (VRS vs VRN) will be the only difference between both groups.



Figure 5.2. Neutral avatars (top right and top left) and avatars that look like the self (bottom right and bottom left) in the VE room.

5.2.5 Technical aspects of the VE and the avatars

The VE was developed using Unity3D software as the development environment and was programmed in C-Sharp. The heads and faces of the virtual avatars were created using 3DMeNow Pro™ v2. This software is a friendly face-modeling program that creates 3D renderings of human features using a frontal-face photo and a profile-face photo (see **Figure 5.3**). This software animates the facial expression and exports it for use to Unity3D. Both, the virtual bodies of the avatars and the VE were designed

using 3D Studio Max software and exported to Unity3D. The avatars were animated with the Microsoft Kinect Framework by registering the movements of an actor using fifteen reference points that were detected on his skeleton. The registered movements were reproduced in the virtual avatars via a plug-in that was explicitly developed by our team.

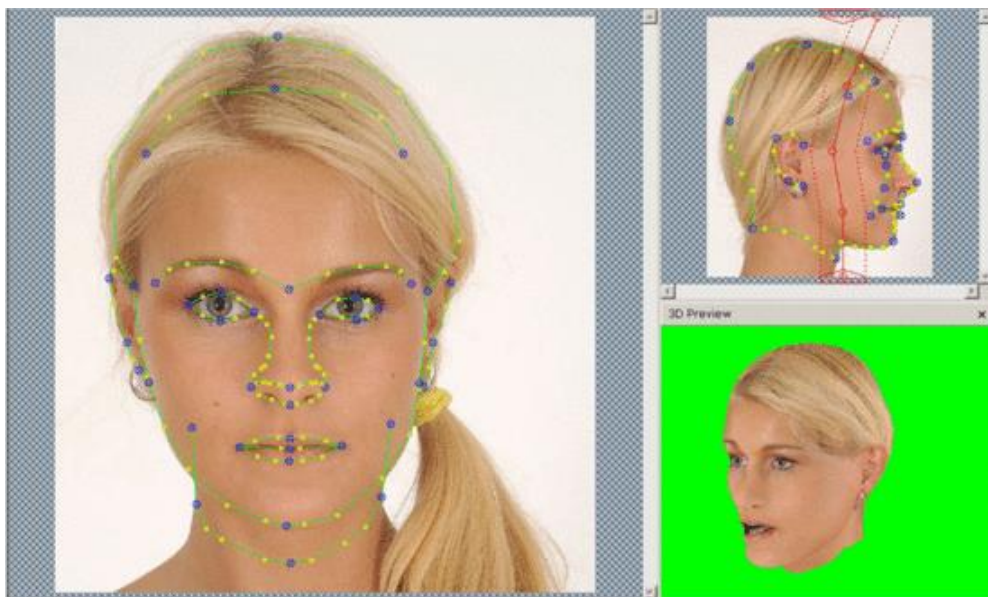


Figure 5.3. An example of creation of an avatar that looks like the self with the 3DMeNow Pro™ v2 program.

5.2.6 Hardware

The VE with the virtual avatar was displayed on a PC with an Intel Core 2 Quad processor (2.66 GHz, 3 GB of RAM, and Nvidia GeForce 8800GT video card). The visual display consisted of a LED screen (Samsung Syncmaster BX2235) with a resolution of 1920×1080 . The participants were sitting approximately 50 cm from the display. The audio system consisted of a headset (JVC Stereo headphones HA-G101).

5.2.7 Procedure

The participants were students who were recruited from Ramon Llull High School (Valencia, Spain) through an advertisement about the study. The study obtained ethical approval from the ethical committee of the Research Institute of Technical University of Valencia (Spain). The parents of the participants filled-out a consent form. Afterwards, all of the teenagers participated in the photo session and had their VRS avatar heads constructed. For the VRS condition, the avatar heads were affixed to a sex-appropriate human body; for the VRN condition, a neutral avatar was used (with a sex-appropriate human body). Before starting the experiment, all of the participants were randomly distributed between two groups, and filled-out the questionnaires. The Emotiv EEG device and a headset were placed on the participant's head by the experimenter. The EEG was synchronized with the experimenter's computer so that the EEG signal could be registered during all virtual tests.

Before starting the experiment, a 3-min baseline period in a sitting position was established for all participants. The experimental session started with an induction phase (3 min) followed by the SAM and VAS questionnaires, and then a regulation phase (3 min) followed by the SAM, VAS, and post-evaluation questionnaires. The experiment lasted for a total of 30 min.

5.2.8 Electroencephalogram processing

EEG recordings were analyzed off-line using custom software written in MATLAB R2011B (MathWorks, Inc). This custom software was based on the EEGLAB library (Delorme & Makeig, 2004) which has functions for preprocessing the EEG-data. All of the recorded EEG signals were checked for potential noise (e.g. ocular, muscular artifacts). The preprocessing of EEG signals started with a detrending removal to eliminate the DC offset in the recorded EEG. This was followed by a linear band pass filter (0.5–45 Hz) that removed the effect of 50 Hz noise and higher frequency artifacts

based on the method used by Khushaba et al. (2012), Kober, Kurzmann, and Neuper (2012), Rodríguez, Rey, and Alcañiz (2013); and Khushaba et al. (2013). Then, the electrooculographic and electromyographic artifacts were detected and deleted using the ADJUST method (Mognon, Jovicich, Bruzzone, & Buiatti, 2011), which is based on the Independent Component Analysis (ICA). ADJUST is a semi-automatic toolbox of EEGLAB that detects Independent Components with possible artifacts generated by EOG or EMG and advises their elimination. Other artifact noises (e.g. electrical noises) were removed manually using ICA analysis. The activation in the brain areas was analyzed using the sLORETA (standardized low-resolution electromagnetic tomography) tools (Esslen, Pascual-Marqui, Hell, Kochi, & Lehmann, 2004; Frei et al., 2001; Pascual-Marqui, Michel, & Lehmann, 1994; Pascual-Marqui et al., 1999). The sLORETA tools solve the EEG inverse problem and localize the EEG activation source with a minimum low localization error (to within 1 voxel resolution on average) (Pascual-Marqui, 2002; Paquette et al. 2009). They also provide a realistic estimation of the activation in the entire brain on a standard head-surface. The whole brain was analyzed using voxel-wise t-test analyses on log transformed data in order to examine the differences between Induction and Regulation conditions in the VRN and VRS groups separately on the six frequency bands. Moreover, the same voxel-wise t-test analyses on log transformed data were used to compare the Induction condition and the Regulation condition between the two groups. In some of participants the comparison with the baseline could not be performed due to noise artifacts that were detected in the baseline period. All analyses were performed with the significance level set at 0.1.

5.2.9 Statistical data analysis

In order to explore the potential differences between the VRS and the VRN groups regarding the personal information collected in the pre-test questionnaire, the following two analyses were performed: a gender

comparison of the two groups with χ^2 test for independence; and a two-group comparison related to other personal information (age, computer use, etc.) using one-way, between-group analysis of variance (ANOVA). Finally, in order to compare the scores between the two groups, a repeated measure ANOVA and pairwise comparisons were used. All of the analyses were performed using the SPSS 16.0 (IBM Corporation Somers, New York, USA) with the significance level set at 0.05; the degrees of freedom for the within-subjects comparisons were corrected for deviance from sphericity (Greenhouse–Geisser).

5.3 Results

5.3.1 Questionnaire results

8.3.1.1. Comparison of the two groups with regard to biographical variables and control variables

The analysis of demographic data showed no statistically significant differences between the two groups (see **Table 5.1**). For the gender distribution in the two groups, the analysis did not show any statistically significant difference ($\chi^2= 0.048$, $df= 1$, $p= 0.827$). No other significant differences for gender or biographical variables were found. For the control variable (ERQ-CA questionnaire), no significant differences were found in terms of the reappraisal subscale [$F(1, 21)= 0.598$, $p= 0.448$] between the VRN group ($M= 20.18$, $SD= 2.96$) and the VRS group ($M= 21.25$, $SD= 3.60$), nor in terms of the suppression subscale [$F(1, 21) = 1.482$, $p= 0.237$] between the VRN group ($M= 10.00$, $SD= 2.00$) and the VRS group ($M= 11.50$, $SD= 3.61$).

Table 5.1. Descriptive and inferential statistics of biographical variables regarding to gender and group distribution.

	VRN	VRS		
	MN (SD)	MN (SD)	ANOVA groups	ANOVA sex
Age	13.27 (0.47)	13.17 (0.39)	F(1, 21) = 0.352, p = 0.559	F(1, 21) = 0.352, p = 0.559
Frequency of computer use (out of 4)	3.73 (0.47)	3.42 (0.52)	F(1, 21) = 2.281, p = 0.146	F(1, 21) = 1.005, p = 0.327
Frequency of avatar use (out of 4)	1.45 (0.69)	1.42 (0.67)	F(1, 21) = 0.018, p = 0.895	F(1, 21) = 1.278, p = 0.271

8.3.1.2. Comparison of the two groups with regard to emotional scales (VAS and SAM)

The analysis also showed that participants were relatively relaxed, with a low level of frustration before starting the experiment. More specifically, the analysis of the baseline data showed no statistically significant differences for: frustration level between the VRN group (M= 1.27 out of 7, SD= 4.32) and the VRS group (M= 2.00 out of 7, SD= 1.41); and the relaxation level between the VRN group (M= 4.73 out of 7, SD= 1.42) and the VRS group (M= 4.25 out of 7, SD= 1.14).

The results for the baseline phase, the pre-test (induction phase), and the post-test (regulation phase) comparison (see **Figure 5.4**) regarding the level of frustration showed the following: no statistically significant difference

was found among the phases [$F(2, 42) = 1.357, p = 0.268$]; no significant difference was found between two groups [$F(1, 21) = 0.047, p = 0.830$]; and no significant difference was found in terms of the interaction between group and phase [$F(2, 42) = 2.264, p = 0.117$]. With regard to the level of relaxation, the results showed a statistically significant difference [$F(2, 42) = 3.957, p = 0.027$] among the phases. No significant difference was found between the two groups [$F(1, 21) = 1.710, p = 0.205$], and no significant difference was found in terms of interactions between groups and phases [$F(2, 42) = 0.793, p = 0.459$]. More specifically, the pairwise comparison showed that the relaxation score increased significantly after the regulation phase in the VRS group ($p = .011$).

With regard to the SAM questionnaire (see **Figure 5.5**), the results showed that for the valence dimension (i.e., positive vs negative), there was a significant difference among the baseline, the induction phase, and the regulation phase [$F(2, 42) = 4.815, p = 0.013$]. No significant differences between groups were observed [$F(1, 21) = 0.146, p = 0.706$]. Nor were differences observed in the interaction between groups and phases [$F(2, 42) = 1.079, p = 0.349$]. However, the results showed a significant increase in negative valence in the VRS group ($t(11) = 2.462; p = .032$) and no significant changes in the VRN group ($t(11) = 1.399; p = .192$) after the induction phase. The results also showed that, for the arousal dimension (active vs calm), there was a significant difference among the baseline, the induction phase, and the regulation phase [$F(2, 42) = 12.680, p < .001$]. No significant differences between groups were observed [$F(1, 21) = 0.697, p = 0.413$]. Nor were differences observed in the interaction between group or phases [$F(2, 42) = 0.234, p = 0.793$]. However, the pairwise comparison showed that there was a significant decrease in the arousal dimension (i.e., an increase in calm) between the baseline and the regulation phase in both groups ($p = 0.026$ for both groups). Also, there was a significant decrease in the arousal dimension (i.e., an increase in calm)

after the regulation phase in the VRS group ($p = 0.011$). Finally, for the dominance dimension, no significant differences were found neither among different experimental phases [$F(2, 42) = 1.665, p = 0.201$]. Nor were differences observed between two groups [$F(1, 21) = 0.644, p = 0.431$], nor between groups and phases [$F(2, 42) = 1.591, p = 0.216$].

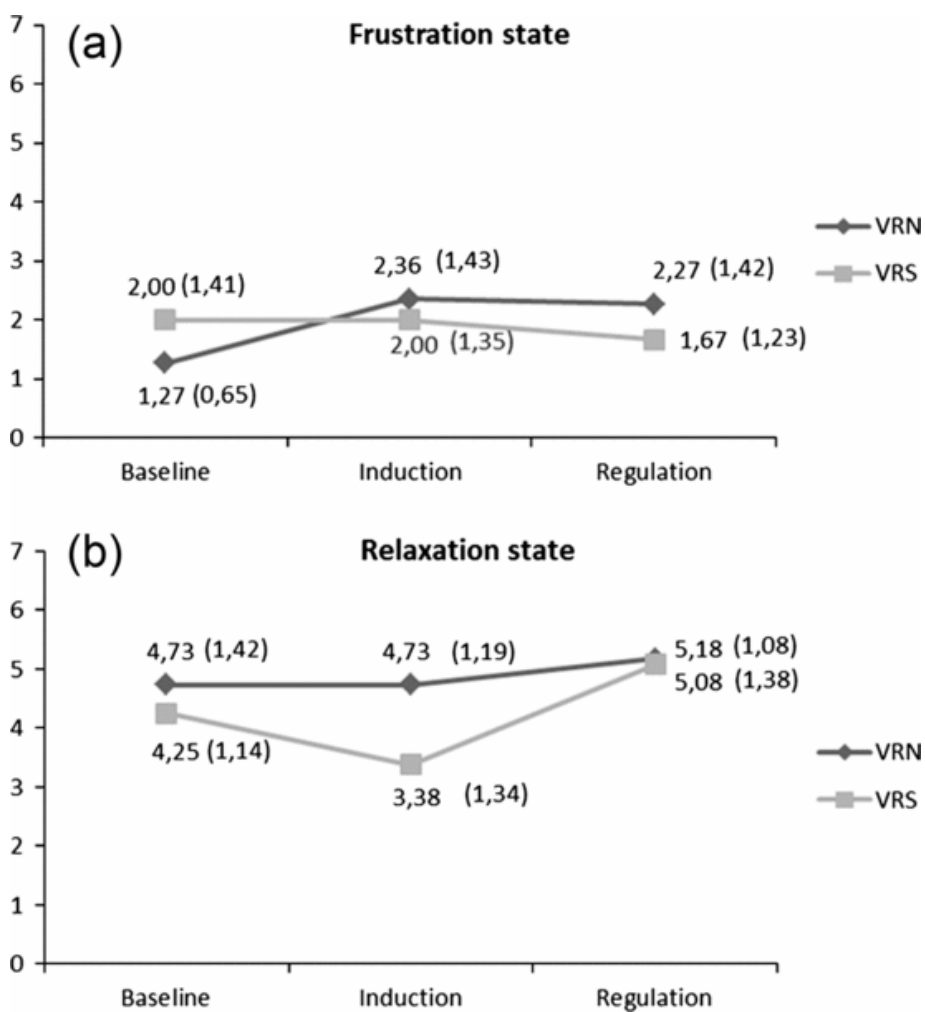


Figure 5.4. Mean (standard deviation) of VAS scale (out of 7) for (a) frustration, and (b) relaxation.

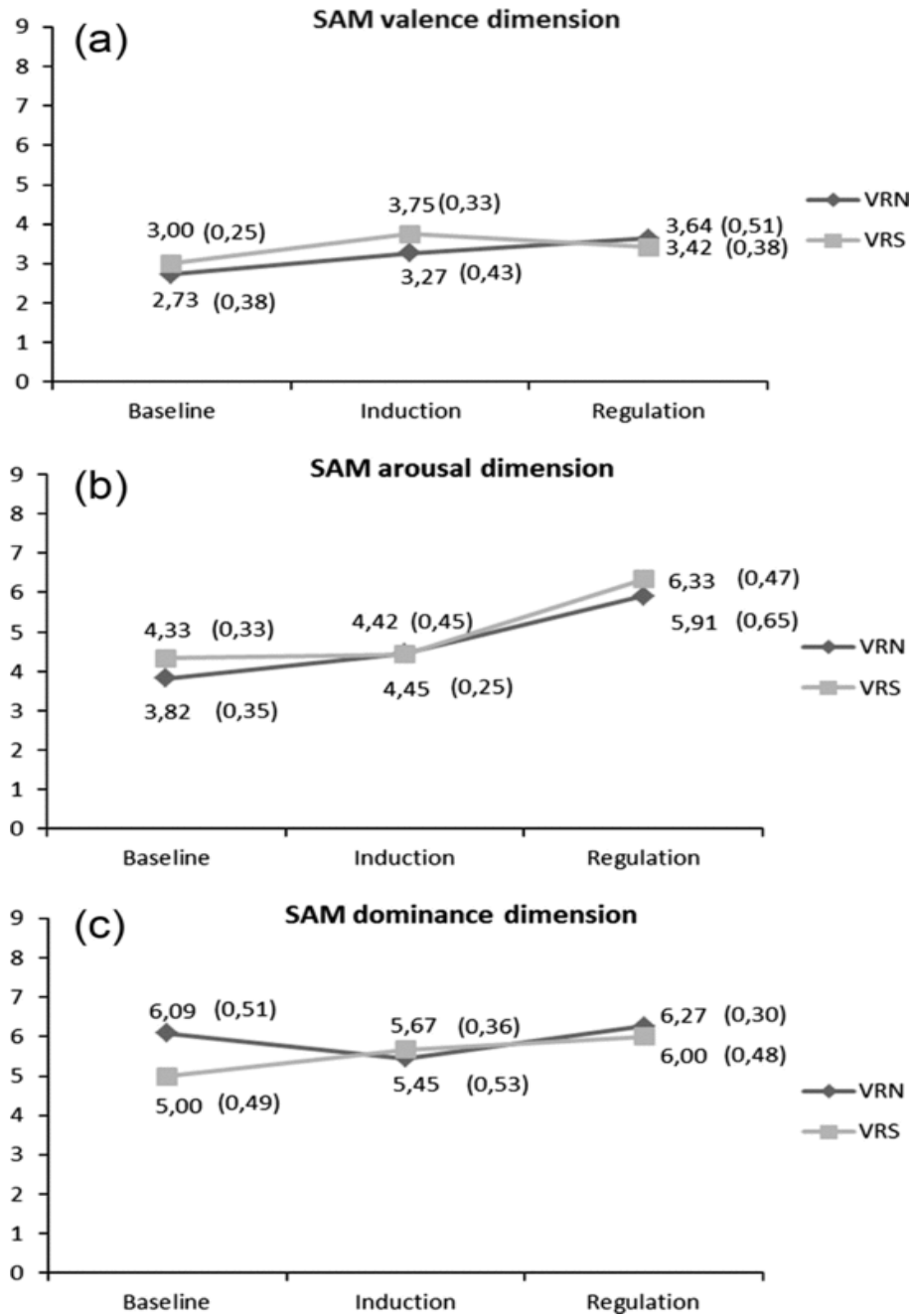


Fig. 5.5. Mean (standard deviation) scores for (a) valence, (b) arousal, and (c) dominance dimensions of the SAM scale (out of 9) in three different experimental phases. The increase in valence scores corresponds to the increase in negative emotions, and the increase in activity scores corresponds to the increase in calm.

8.3.1.3. Comparison of the two groups with regard to the appeal questionnaire

The mean scores from the appeal questionnaire showed that, in both the VRS group and the VRN group, the participants agree relatively well about the educational value of this type of experience in emotion regulation learning (M=5.19, SD= 1.70; and M=5.52, SD=1.13 out of 7, respectively); somewhat agree about the likability of the avatar (M= 4.86, SD=1.13; and M= 4.30, SD= 1.49 out of 7, respectively); and strongly agree about the fun side of this experience (M=5.97, SD= 0.81; and M= 5.55,SD= 0.83 out of 7, respectively). However, no significant differences were found between the two groups regarding these three dimensions.

8.3.1.4. Comparison of the two groups with regard to the identification questionnaire

The mean scores from the identification questionnaire showed that, in both the VRS group and the VRN group, the participants strongly to somewhat disagree about the physical similarity of the avatar to them (M= 3.47, SD= 1.54; and M= 2.02, SD= 1.29 out of 7, respectively), strongly to somewhat disagree about the similarity of the avatar's behavior and attitudes with their own (M= 3.17, SD= 2.15; and M= 2.39, SD= 1.67 out of 7, respectively), and somewhat disagree to somewhat agree about the similarity of emotions (frustration and relaxation) between the avatar and them (M =3.39, SD =1.49; and M =3.42, SD =1.56 out of 7, respectively). However, no significant differences were found between the two groups regarding these dimensions, except the physical identification dimension [$F(1, 21) = 5.787, p= 0.026$], which was significantly greater in the VRS group than in the VRN group.

8.3.1.5. Comparison of the two groups with regard to the presence questionnaire

The results show that in general, the participants' sense of presence in the virtual environment was not high. Specifically, the participants in both groups felt somewhat absent or neutral in the virtual environment. The analysis shows that there was no significant difference in the feeling of presence [$F(1, 21) = 0.868, p=0.362$] between the VRN group ($M=5.09$ out of 9, $SD= 2.12$) and the VRS group ($M=5.83$ out of 9, $SD= 1.70$).

5.3.2 EEG Results

8.3.2.1. Comparison between the induction and regulation phases for each group

As **Table 5.2** shows, the only significant change in activation between the two phases was observed in the VRS group. For this group, the comparison between the induction and regulation phases using voxel-wise t-test on log transformed data for all the frequency bands showed significant differences in the Theta-band (4–7 Hz), for $p<0.05$. As **Figure 5.6** shows, theta band power decreased in the regulation phase (i.e., induction phase > regulation phase) in the Cingulate Gyrus (Brodmann Area (BA) 38) and Postcentral Gyrus (BA 48) in the limbic and parietal lobe, respectively. No significant difference ($p>0.1$) was obtained in any frequency band for the VRN group.

8.3.2.2. Comparison of the two groups in the induction phase and in the regulation phase

The two-group comparison (VRN vs VRS) for the induction phase (see **Table 5.3** and **Figure 5.7** for details) using voxel-wise t-test on log transformed data showed a significantly higher activation in the theta power of the VRS group for the following areas: Insula (BA 13) $p < 0.01$; Parahippocampal gyrus (BA 36) for $p < 0.05$; Uncus (BA 28) for $p < 0.05$; and several temporal areas (see **Table 5.3**) for $p < 0.05$. No significant difference was

found ($p > 0.1$) between the two groups in the regulation phase in any frequency band.

Table 5.2. Comparison of the results for the induction > regulation moment for the VRS group in theta band.

Group	Brain area	Band	Hemisphere	p
VRS	Limbic Lobe, Cingulate Gyrus (BA 31)	Theta	Right	<0.05
VRS	Parietal Lobe, Postcentral Gyrus (BA 3)	Theta	Right	<0.05
VRS	Frontal Lobe, Paracentral Lobule (BA 5)	Theta	Right	<0.1
VRS	Parietal Lobe, Sub-Gyral (BA 40)	Theta	Right	<0.1

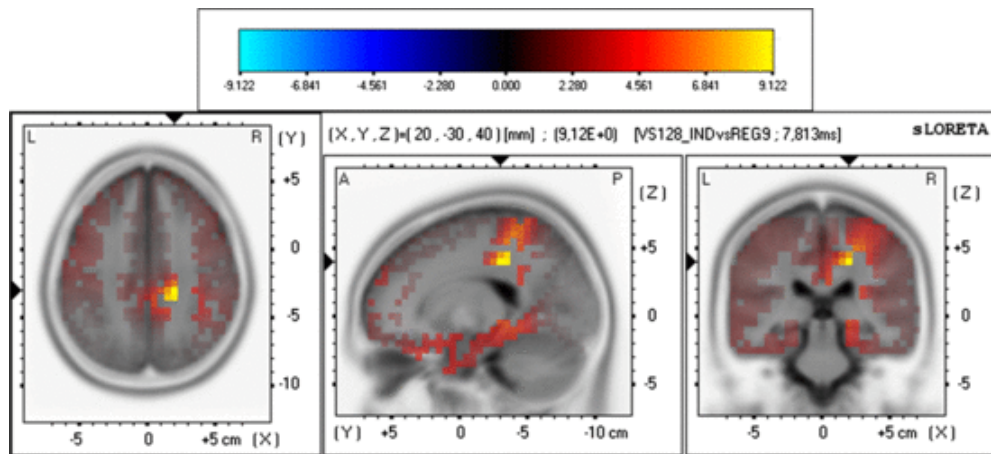


Figure 5.6. Captures of maximum sLORETA activations in Cingulate Gyrus; and Postcentral Gyrus. The results for the induction phase > regulation phase contrast for the VRS group in the theta band.

Table 5.3. Two groups comparison (VRN vs VRS) for the induction phase in theta band.

Phase	Brain area	Band	Hemisphere	p
Induction	Sub-lobar, Insula (BA 13)	Theta	Left	<0.01
Induction	Sub-lobar, Insula (BA 13)	Theta	Left	<0.05
Induction	Limbic Lobe; Parahippocampal Gyrus (BA 27, 28, 35, 36, 37)	Theta	Left	<0.05
Induction	Limbic Lobe; Uncus (BA 20, 28)	Theta	Left	<0.05
Induction	Temporal Lobe; Fusiform Gyrus (BA 37, 20)	Theta	Left	<0.05
Induction	Temporal Lobe; Transverse Temporal Gyrus (BA 41)	Theta	Left	<0.05
Induction	Temporal Lobe; Sub-Gyral (BA 21)	Theta	Left	<0.05
Induction	Temporal Lobe; Superior Temporal Gyrus (BA 13, 22, 41)	Theta	Left	<0.05
Induction	Temporal Lobe; Superior Temporal Gyrus (BA 38)	Theta	Right	<0.05
Induction	Temporal Lobe; Inferior Temporal Gyrus (BA 20)	Theta	Left	<0.05

5.4 Discussion

This study presents and evaluates a virtual environment with avatars to promote the learning of emotion regulation strategies. A virtual environment with avatars that look like the self (VRS) was compared with a virtual environment with neutral avatars (VRN) in order to study their impact on induction and regulation processes in adolescents. The main findings and their implications are discussed below.

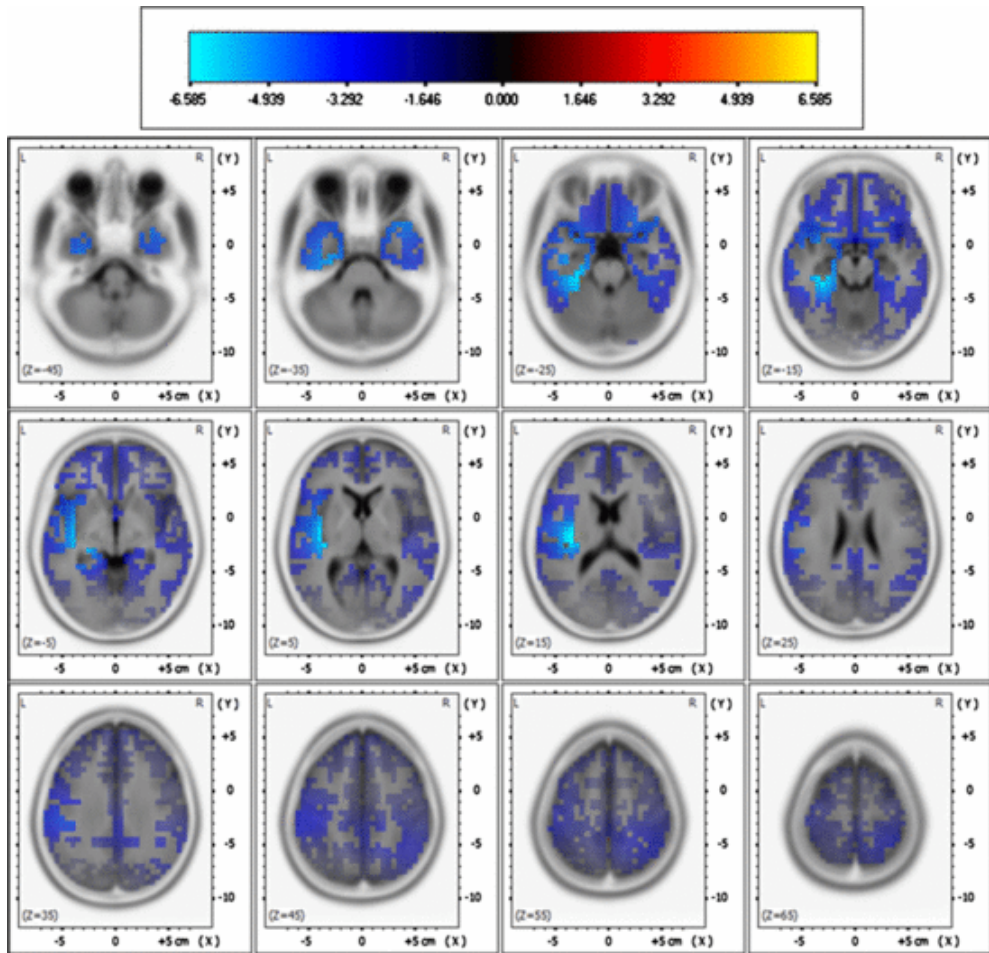


Fig. 5.7. Captures of sLORETA activations in twelve cross slices. The results for the group comparison (VRN vs VRS) in the induction phase.

The first and the second hypotheses in the study assumed that the avatar that looks like the self will induce greater frustration and greater regulation (respectively) in participants than the neutral avatar. Both hypotheses were partially confirmed. Even though the subjective VAS measurements did not show any significant results regarding frustration induction and regulation, other subjective and objective measures show that the VRS avatar increases

and decreases affective valence and arousal in participants. More specifically, after the frustration induction phase, the participants in the VRS group had a significant decrease in emotional valence (an increase in negative valence) as well as a significant decrease in positive valence; this was not the case for VRN group. After the regulation phase, the participants in the VRS group had a significant increase in relaxation. Also, a significant increase in calm was observed in both groups, with a greater mean increase in the VRS group ($\Delta = 1.91$) than in the VRN group ($\Delta = 1.46$). In our opinion, the fact that the frustration activation was not reflected in the subjective VAS measurements might be due to the difficulty for 13 years old teenagers to understand this concept. However, the EEG confirmed that both the emotional induction and regulation was stronger in the VRS group than in the VRN group. Indeed, in the VRS group significant activation in the following brain areas: Cingulate Gyrus (Limbic Lobe), Postcentral Gyrus was observed. According to Ruby and Decety (2004), the activation in these regions is related to human emotional processing. This activation might correspond to negative emotions such as frustration since, according to a recent review by Shackman et al. (2011), the cingulate gyrus contributes to negative affect. Moreover, the postcentral gyrus activation has been related to emotion recognition of facial expressions (Adolphs, Damasio, Tranel, Cooper, & Damasio, 2000), self-generated emotions (Damasio et al., 2000), perspective taking (Ruby & Decety, 2004), and sense of presence (Clemente, Rodríguez, Rey, & Alcañiz, 2014). Therefore, the results suggest that the participants generated a negative emotion when their VRS avatars were getting frustrated (i.e., the induction phase) which decreased during the regulation phase. Since these changes in brain activation were not obtained for the VRN group, this might demonstrate that a virtual avatar that looks like the self is able to induce a negative emotion and to teach an emotion regulation strategy. In summary, these results show that emotion induction and regulation is possible using a controlled virtual environment and that a

virtual avatar that looks like the self can be helpful to achieve this objective. To the authors' knowledge, there is no VE that uses avatars for the learning of emotion regulation strategies. However, the results coincide with studies that have used VE to induce relaxation or other positive moods (e.g. Baños et al., 2008; Riva et al., 2007).

The third hypothesis assumed that the avatar that looks like the self will induce a greater sense of presence in participants than the neutral avatar. This hypothesis was not confirmed by our results. The results show that the level of presence of participants in the VE in both groups was quite low. In other words, the participants did not have a strong feeling of being in the virtual room. Nevertheless, the sub-gyrus, parahippocampal gyrus, and postcentral gyrus (brain areas related among other things to the feeling of presence; e.g. Baumgartner, Valko, Esslen, et al., 2006; Clemente et al., 2013), were activated in the VRS group. This activation, however, might be due more to the emotional processing generated by the environment than the sense of presence. The low level of sense of presence might be due to lack of interactivity with the VE, such as lack of control of the viewpoint, no possibility of interaction with the environment, and low level of immersion, which are all factors that influence the sense of presence (Sadowski & Stanney, 2002).

The fourth hypothesis assumed that the avatar that looks like the self will induce greater identification in participants than the neutral avatar. This hypothesis was partially confirmed. Indeed, there was no significant difference between two groups with respect to the behavioral, attitudinal, and emotional identification. However, the physical identification of the participants with the avatar was significantly greater in the VRS group, than in the VRN group. These results were also reflected in physiological data. When the induction phases between groups were compared, a major activation of the insula was found in the VRS group. According to the literature, the insula is involved in emotional processing and regulation and

also embodiment (Baumgartner et al., 2006; Craig, 2002) and self-awareness (Karnath, Baier, & Nägele, 2005). Indeed, the insula has been identified as a region involved in self-reflection (Modinos, Ormel, & Aleman, 2009), self-recognition, and self-evaluation (Morita et al., 2008), which is directly related to physical identification. Therefore, the results suggest that the insula was activated because the participants in the VRS group felt physically identified with their avatars. This result confirms the importance and usefulness of avatars that look like the self as a model for behavior modification that perfectly responds to Bandura's identification reinforcement factor from both the physiological measures and the subjective measures. Therefore, we consider this study to be a first step in bringing new guidelines to the design of different types of applications in the field of both physical and psychological applications in order to achieve significant behavioral changes. Indeed, the avatars that look like the self may be introduced in different types of psycho-educational serious games and/or as an additional tool for the therapy itself.

Also, the fact that the low-cost EEG (Emotiv) detects the same expected brain areas as in the studies that use more time-consuming and expensive equipment (e.g. clinical EEG, fMRI, PET) does validate our choice and confirms that Emotiv is a useful tool for additional physiological data collection.

Finally, the fifth hypothesis assumed that the appeal of the environment will be greater for participants that use the VE with an avatar that looks like the self than participants that use the VE with the neutral avatar. This hypothesis was not confirmed. Although the participants enjoyed both the avatar and the VE and also found the environment to be valuable for learning emotion regulation strategies, no differences between groups were found.

This study has certain limitations. First, the sample size used in this study is limited. Therefore, the results should be confirmed with a larger population. Second, in this study, we used the avatar that looks like the self to induce frustration only. However, other types of emotions such as joy or sadness would also be interesting to induce in order to confirm the effectiveness of the avatar in different emotional contexts. Third, the VE used in this study did not provoke a high sense of presence in the participants. Thus, a more immersive environment would be interesting to use. This would also have an effect on the level of identification with an avatar and in turn might have a greater impact on the perceptions of the real self and influence the behaviors and well-being of the participants in their real lives (Behm-Morawitz, 2013; Yee & Bailenson, 2007). Also, by varying display devices and navigation metaphors, the influence of different levels of immersion on the emotion induction and regulation of participants could be studied. Fourth, a long-term evaluation of the emotion regulation strategy learning effect was not included in this study. It would be interesting to perform a further investigation on how the avatars that look like the self can actually teach the emotion regulation techniques for different emotions. Fifth, the data collected during the baseline phase recording had a lot of noise (i.e., due to muscular and ocular artefacts): consequently, a more controlled baseline period would be recommended for future studies. Finally, since pubertal hormone changes can alter brain function or neurotransmitter activity (e.g. Segalowitz, Santesso, & Jetha, 2010), which may in turn alter global brain electrophysiological responses; the hormonal status of the participants should also be documented and controlled. An interesting aspect to investigate in the future studies would be to use the virtual-self avatars in the context of online community, and to observe human/avatar visual similarities (modifying only head as we did in this study or all the body) as well as similarities among avatars and their impact on the social behavior and group structuring.

A key implication of this study is the fact that avatars can influence human behavior. Previous studies have already shown the influence of avatars on behavior modification (e.g. Fox & Bailenson, 2009). This study has shown that the avatar that looks like the self-allowed teenagers to induce greater negative emotions (frustration) and the capacity to regulate their emotions with a proposed strategy. Despite developing research on different mental health prevention and treatment programs for youth, considering the role of emotions deserve a main interest to design developmentally appropriate programs (Suveg et al., 2007). New technology such as VEs and avatars can improve these programs by allowing teenagers to learn emotion regulation strategies in engaging and fun contexts.

5.5 References

- Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D., Cooper, G., & Damasio, A. R. (2000). A role for somatosensory cortices in the visual recognition of emotion as revealed by three-dimensional lesion mapping. *Journal of Neuroscience*, 20, 2000, 2683–2690.
- Ahn, S.J., & Bailenson, J.N. (2011). Self-endorsing versus other-endorsing in virtual environments: The effect on brand attitude and purchase intention. *Journal of Advertising*, 40 (2), 93-106.
- Badcock, N. A., Mousikou, P., Mahajan, Y., de Lissa, P., Thie, J., & McArthur, G. (2013). Validation of the Emotiv EPOC® EEG gaming system for measuring research quality auditory ERPs. *PeerJ*, 1, e38.
- Bailenson, J.N., Blascovich, J., & Guadagno, R.E. (2008). Self representations in immersive virtual environments. *Journal of Applied Social Psychology*, 38, 11, pp. 2673-2690.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review* 84, 191-215.

- Bandura, A. (2001). Social cognitive theory of mass communication. *Media Psychology*, 3, 265-298.
- Baños, R., Botella, C., Rubio, I., Quero, S., García-Palacios, A., & Alcañíz, M. (2008). Presence and emotions in virtual environments: The influence of stereoscopy. *CyberPsychology & Behavior*, 11(1), 1–8.
- Baños R., Botella C., García-Palacios A., Villa H., Perpiñá C., Gallardo M., et al. (1999). Psychological variables and reality judgment in virtual environments: the roles of absorption and dissociation. *Cyberpsychol. Behav.* 2, 143–148
- Barlow, D.H., Ellard, K.K., Fairholme, C.P., Farchione, T.J., Boisseau, C.L., Allen, L.B. & Ehrenreich-May J. (2011). *The unified protocol for transdiagnostic treatment of emotional disorders: Client workbook*. Oxford University Press, New York, 2011
- Baumgartner, T., Valko, L., Esslen, M., et al. (2006). Neural correlate of spatial presence in an arousing and noninteractive virtual reality: an EEG and psychophysiology study. *CyberPsychology & Behavior* 9, 30–45.
- Behm-Morawitz, E. (2013). Mirrored selves: The influence of self-presence in a virtual world on health, appearance, and well-being. *Computers in Human Behavior*, 29, 119-128.
- Biocca F. The cyborg's dilemma: Progressive embodiment in virtual environments, *Journal of Computer-Mediated Communication* 3, 1997
- Botella, C., Moragrega, I., Baños, R., & García-Palacios, A. (2011). Online predictive tools for intervention in mental illness: the OPTIMI project. *Studies in health technology and informatics*, 163, 86.
- Clemente, M., Rey, B., Rodríguez-Pujadas, A., Barros-Loiscertales, A., Baños, R. M., Botella, C., & Ávila, C. (2013a). An fMRI Study to

Analyze Neural Correlates of Presence during Virtual Reality Experiences. *Interacting with Computers*, doi: 10.1093/iwc/iwt037

- Clemente, M., Rodríguez, A., Rey, B., & Alcañiz, M. (2014). Assessment of the influence of navigation control and screen size on the sense of presence in virtual reality using EEG. *Expert Systems with Applications*, 41(4), 1584-1592.
- Coyle, D., Doherty, G., Matthews, M., & Sharry, J. (2007). Computers in talk-based mental health interventions. *Interacting with Computers*, 19(4), 545-562.
- Craig, A. D. (2002). How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(8), 655-666.
- Damasio, A. R., Grabowski, T. J., Bechara, A., Damasio, H., Ponto, L. L., Parvizi, J., & Hichwa, R. D. (2000). Subcortical and cortical brain activity during the feeling of self-generated emotions. *Nature Neuroscience*, 3, 1049–1056.
- Davidson, R. J. (2000). Affective style, psychopathology, and resilience: brain mechanisms and plasticity. *American Psychologist*, 55(11), 1196.
- Delorme, A., & Makeig, E. (2004). EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics. *Journal of Neuroscience Methods*, 134, 9–21.
- Emotiv, 2013. <http://www.emotiv.com/>
- Ertl, M., Hildebrandt, M., Ourina, K., Leicht, G., & Mulert, C. (2013). Emotion regulation by cognitive reappraisal—The role of frontal theta oscillations. *NeuroImage*, 81, 412-421.

- Ersner-Hershfield, H., Goldstein, D. G., Sharpe, W. F., Fox, J., Yeykelis, L., Carstensen, L. L., et al. (2011). Increasing saving behavior through age-progressed renderings of the future self. *Journal of Marketing Research*, 48 , S23–S37.
- Esslen, M., Pascual-Marqui, R. D., Hell, D., Kochi, K., & Lehmann, D. (2004). Brain areas and time course of emotional processing. *NeuroImage*, 21(4), 1189-1203.
- Fox, J., & Bailenson, J. N. (2009). Virtual self-modeling: The effects of vicarious reinforcement and identification on exercise behaviors. *Media Psychology*, 12(1), 1-25.
- Fox, J., Bailenson, J. N., & Ricciardi, T. (2012). Physiological responses to virtual selves and virtual others. *Journal of CyberTherapy & Rehabilitation*, 5(1), 69–73.
- Fox, J.N. Bailenson, and L. Tricase (2013). The embodiment of sexualized virtual selves: The Proteus effect and experiences of self-objectification via avatars, *Computers in Human Behavior*, 29(3), 930-938.
- Frei, E., Gamma, A., Pascual-Marqui, R., Lehmann, D., Hell, D., & Vollenweider, F. X. (2001). Localization of MDMA-induced brain activity in healthy volunteers using low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA). *Human Brain Mapping*, 14, 152–165.
- Gross, J.J.; John, O.P. (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: Implications for affect, relationships, and well-being. *Journal of Personality and Social Psychology* 85(2), 348-362
- Gilliath, O., McCall, C., Shaver, P.R., & Blascovich, J. (2008). What can virtual reality teach us about prosocial tendencies in real and virtual environments? *Media Psychology*, 11, 259–282

- Hooi, R. and Cho, H (2013). Deception in avatar-mediated virtual environment. *Computers in Human Behavior*, 29(1), 276–284.
- Karnath, H. O., Baier, B., & Nägele, T. (2005). Awareness of the functioning of one's own limbs mediated by the insular cortex? *The Journal of Neuroscience*, 25(31), 7134-7138.
- Khushaba, R. N., Greenacre, L., Kodagoda, S., Louviere, J., Burke, S., & Dissanayake, G. (2012). Choice modeling and the brain: A study on the Electroencephalogram (EEG) of preferences. *Expert Systems with Applications*, 39(16), 12378-12388.
- Khushaba, R. N., Wise, C., Kodagoda, S., Louviere, J., Kahn, B. E., & Townsend, C. (2013). Consumer neuroscience: Assessing the brain response to marketing stimuli using electroencephalogram (EEG) and eye tracking. *Expert Systems with Applications*, 40(9), 3803–3812.
- Kober, S. E., Kurzmann, J., & Neuper, C. (2012). Cortical correlate of spatial presence in 2D and 3D interactive virtual reality: An EEG study. *International Journal of Psychophysiology*, 83(3), 365-374.
- Lang, P. J. (1980). Behavioral treatment and bio-behavioral assessment: computer applications. In J. B. Sidowski, J. H. Johnson, & T. A. Williams (Eds.), *Technology in mental health care delivery systems* (pp. 119-137). Norwood, NJ: Ablex.
- Lee, K. M. (2004). Presence, explicated. *Communication Theory*. 14, 27–50.
- Lessiter, J., Freeman, J., Keogh, E., & Davidoff, J. (2000). Development of a new cross-media presence questionnaire: The ITC-sense of presence inventory. In: W.A. IJsselsteijn, J. Freeman, & H. de Ridder (eds.), *PRESENCE 2000*, Delft, The Netherlands, 27-28 March 2000. Online:

<http://homepages.gold.ac.uk/immediate/immersivetv/P2000-lessiter.htm>

- Li, D.D., Liao, A.K., Khoo, A. (2013). Player–Avatar Identification in video gaming: Concept and measurement. *Computers in Human Behavior*, 29(1), 257-263.
- Lombard, M. & Ditton, T. (1997). At the Heart of It All: The Concept of Presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3(2).
- Lortie C. L., Guitton M.J.; Social organization in virtual settings depends on proximity to human visual aspect. *Computers in Human Behavior* 27, 2011, 1258-1261.
- Lortie C. L., Guitton M.J. Looking similar promotes group stability in a game-based virtual community. *Games for Health Journal* 1, 2012, 274-278
- Marsh, R., Zhu, H., Schultz, R. T., Quackenbush, G., Royal, J., Skudlarski, P., & Peterson, B. S. (2006). A developmental fMRI study of self-regulatory control. *Human brain mapping*, 27(11), 848-863.
- Modinos, G., Ormel, J., & Aleman, A. (2009). Activation of anterior insula during self-reflection. *PLoS One*, DOI: 10.1371/journal.pone.0004618.
- Mognon, A., Jovicich, J., Bruzzone, L., Buiatti, M. (2011). ADJUST: An Automatic EEG artifact Detector based on the Joint Use of Spatial and Temporal features. *Psychophysiology*, 48 (2), 229-240.
- Morita, T., Itakura, S., Saito, D. N., Nakashita, S., Harada, T., Kochiyama, T., & Sadato, N. (2008). The role of the right prefrontal cortex in self-evaluation of the face: a functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(2), 342-355.

- Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2005). The cognitive control of emotion. *Trends in cognitive sciences*, 9(5), 242-249.
- Ochsner, K.N., Beer, J.S., Robertson, E.R., et al. (2005). The neural correlates of direct and reflected self-knowledge. *Neuroimage*, 28, 797–814.
- Paquette, V., Beauregard, M., & Beaulieu-Prévost, D. (2009). Effect of a psychoneurotherapy on brain electromagnetic tomography in individuals with major depressive disorder. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 174(3), 231-239.
- Pascual-Marqui, R. D. (1999). Review of methods for solving the EEG inverse problem. *International Journal of Bioelectromagnetism*, 1, 75–86.
- Pascual-Marqui, R. D. (2002). Standardized low-resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA): technical details. *Methods and Findings in Experimental and Clinical Pharmacology*, 24(Suppl D), 5-12.
- Pascual-Marqui, R. D., Lehmann, D., Koenig, T., Kochi, K., Merlo, M. C. G., Hell, D., et al. (1999). Low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA) functional imaging in acute, neuroleptic-naive, first-episode, productive schizophrenia. *Psychiatry Research-Neuroimaging*, 90, 169–179.
- Pascual-Marqui, R. D., Michel, C. M., & Lehmann, D. (1994). Low resolution electromagnetic tomography: A new method for localizing electrical activity in the brain. *International Journal of Psychophysiology*, 18, 49–65.
- Patel, V., Fisher, A.J., Hetrick, S., McGorry, P. (2007). Mental health of young people: a global public health challenge. *The Lancet*, 369, 1302-1313.

- Phillips, M. L., Ladouceur, C. D., & Drevets, W. C. (2008). A neural model of voluntary and automatic emotion regulation: implications for understanding the pathophysiology and neurodevelopment of bipolar disorder. *Molecular psychiatry*, 13(9), 833-857.
- Posner, M. I., Rothbart, M. K., & Tang, Y. (2013). Developing self-regulation in early childhood. *Trends in Neuroscience and Education*, 2(3), 107-110.
- Price, M., Anderson, P., (2007). The role of presence in virtual reality exposure therapy, *Journal of Anxiety Disorder*, 21, 742-751.
- Riva, G., Mantovani, F., Capideville, C., Preziosa, A., Morganti, F., Villani, D., et al. (2007). Affective interactions using virtual reality: The link between presence and emotions. *CyberPsychology & Behavior*, 10(1), 45-56.
- Rodríguez, A., Rey, B., & Alcañiz, M. (2013). Evaluating Virtual Reality Mood Induction procedures with portable EEG devices. *Proceedings of the Cybertherapy 2013, 18th Annual CyberPsychology and CyberTherapy Conference, Brussels (Belgium)*.
- Rubia, K., Overmeyer, S., Taylor, E., Brammer, M., Williams, S. C. R., Simmons, A., & Bullmore, E. T. (2000). Functional frontalisation with age: mapping neurodevelopmental trajectories with fMRI. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 24(1), 13-19.
- Ruby, P., & Decety, J. (2004). How would you feel versus how do you think she would feel? A neuroimaging study of perspective-taking with social emotions. *Journal of cognitive neuroscience*, 16(6), 988-999.
- Sadowski, W. & Stanney, K. (2002). Presence in virtual environments. In K. M. Stanney (Ed.), *Handbook of virtual environments: Design, implementation, and applications*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Schneider, E. F., Lang, A., Shin, M., Bradley, S. D. (2004). Death with a store: How story impacts emotional, motivational, and physiological responses to first-person shooter video games. *Human Communication Research*, 30, 361-375.
- Schubert, T., Friedmann, F., and Regenbrecht, H. (2001). The experience of presence: Factor analytic insights. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 10, 266–281.
- Segalowitz, S. J., Santesso, D. L., & Jetha, M. K. (2010). Electrophysiological changes during adolescence: a review. *Brain and cognition*, 72(1), 86-100.
- Serrano, S., Iborra, L. (2005). Informe violencia entre compañeros en la escuela. <http://www.centroreinasofia.es>
- Shackman, A. J., Salomons, T. V., Slagter, H. A., Fox, A. S., Winter, J. J., & Davidson, R. J. (2011). The integration of negative affect, pain and cognitive control in the cingulate cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, 12(3), 154-167.
- Southam-Gerow, M. A., & Kendall, P. C. (2002). Emotion regulation and understanding: Implications for child psychopathology and therapy. *Clinical psychology review*, 22(2), 189-222.
- Stern, R. A., Arruda, J. E., Hooper, C. R., Wolfner, G. D., & Morey, C. E. (1997). Visual analogue mood scales to measure internal mood state in neurologically impaired patients: description and initial validity evidence. *Aphasiology*, 11(1), 59-71.
- Suveg, C., Southam-Gerow, M. A., Goodman, K. L., & Kendall, P. C. (2007). The role of emotion theory and research in child therapy development. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 14(4), 358-371.

Tamborini, R., Eastin, M. S., Skalski, P., Lachlan, K., Fediuk, T. A., & Brady, R. (2004). Virtual video games and hostile thought. *Journal of Broadcasting and Electronic Media*, 48, 335–357.

Yee, N., & Bailenson, J. N. (2007). The Proteus effect: Self transformations in virtual reality. *Human Communication Research*, 33, 271–290.

Capítulo 6.

Discusión General

6.1 Discusión General

La regulación emocional determina la forma en la cual se sienten, se expresan y se controlan las emociones. Cada día aparecen nuevas investigaciones que enfatizan el rol que la regulación emocional juega en el desarrollo y mantenimiento de conductas adaptativas y saludables, tanto social como físicamente hablando. Por otro lado, también se destaca el hecho de que deficiencias o déficits en la regulación emocional pueden ser considerados factores relevantes en el origen y mantenimiento de numerosos trastornos de comportamiento, tales como depresión, adicción, conductas agresivas o ansiedad.

Estos déficits empiezan hacerse más evidentes durante la adolescencia, momento clave para el origen de muchos problemas psicosociales que acaban germinando durante la etapa adulta. De hecho, existe una preocupación social por el aumento de conductas disruptivas en las aulas, donde se incluyen numerosos casos de bullying y otras formas de comportamiento violento o agresivo, tanto a nivel físico como psicológico (falta de respeto, provocación, insultos, vejaciones, etc.), entre los alumnos y de los alumnos hacia el profesorado. Muchos estudios, de la literatura presentada durante esta Tesis Doctoral, avalan la estrecha vinculación que estos comportamientos disruptivos tienen con un defecto o disfunción en la aplicación de la regulación emocional.

Actualmente los instrumentos de evaluación y entrenamiento de desórdenes en la regulación emocional están basados en instrumentos psicológicos clásicos tales como entrevistas o cuestionarios subjetivos, los cuales interrogan a los sujetos, bajo estudio, sobre la forma en la cual controlan sus emociones. Otros métodos de evaluación son mediante el uso de pruebas de laboratorio en las cuales los sujetos tenían que realizar varias tareas generadoras de emociones para posteriormente evaluar así como ha utilizado las estrategias de regulación emocional. A pesar de que estas

herramientas presentan algunas limitaciones que las hacen menos adecuadas para ciertos grupos que son especialmente reacios a ser evaluados, como pueden ser los adolescentes, poco se está haciendo para desarrollar e integrar nuevos instrumentos más eficaces, más objetivos y más motivadores que permitan evaluar y entrenar estrategias de regulación emocional en estos sectores de población tan característicos.

En este sentido, esta Tesis Doctoral aborda aspectos relacionados con la integración de nuevos instrumentos de evaluación y entrenamiento de estrategias de regulación emocional y que son complementarios a los comúnmente utilizados. Para ello se ha hecho uso de interfaces tecnológicas persuasivas y de inmersión, como es la realidad virtual, para los procesos de inducción emocional y de entrenamiento en estrategias de regulación emocional, mejorando de este modo la motivación y el compromiso de los participantes que se encuentran bajo estudio. Además se hizo uso del registro y procesado de señales fisiológicas, como fueron las señales cerebrales (EEG) y cardíacas (ECG) para añadir objetividad a las conclusiones y al análisis de la aplicación de la regulación emocional.

Para la realización de la presente Tesis Doctoral se utilizó la versatilidad que posee la realidad virtual para afrontar tres escenarios diferentes donde aplicar y analizar estrategias de regulación emocional. En el primer escenario (Capítulo 3) se utilizó la realidad virtual como instrumento de inducción emocional de tristeza. En el segundo escenario (Capítulo 4) la realidad virtual fue necesaria para la realización de un juego serio donde se les inducía a los participantes una emoción de frustración y luego a través del mismo juego se les enseñaban estrategias de regulación emocional. Y por último, en el tercer escenario (Capítulo 5) la realidad virtual fue necesaria para crear los avatares virtuales personalizados que luego se utilizarían como un novedoso sistema de inducción de frustración y de entrenamiento de la regulación emocional basado en la Terapia de Modelado de Bandura (Bandura 1977, Bandura 2001). Estos escenarios han

sido fundamentados gracias a dos áreas de investigación que se trabajan en Labhuman y que a medida de los años están tomando mucha fuerza en la comunidad científica: los estudios de la realidad virtual como una herramienta psicoterapéutica para tratar trastornos psicológicos y los estudios que conectan el sentido de la presencia de un entorno virtual con las emociones, lo que permite su utilización como instrumento inductor emocional.

En paralelo a la utilización de la realidad virtual, en cada uno de los tres escenarios se utilizó una monitorización y un registro de señales fisiológicas durante la exposición a los entornos virtuales. Con ello se pretendía analizar la influencia de la regulación emocional en las señales fisiológicas y de esta forma poder ofrecer información más objetiva para el estudio de la regulación emocional. Para ello se requirió de la utilización de dos sistemas inalámbricos que nos permitieron registrar la señal electrocardiográfica (Capítulo 4) y la señal electroencefalográfica (Capítulo 3 y 5) sin interferir en la realización de los estudios.

Así, los resultados presentados en esta Tesis Doctoral pueden ofrecer un nuevo marco de posibilidades de evaluación y de entrenamiento de estrategias de regulación emocional, a través del diseño y la implementación específica de entornos virtuales que, junto con el análisis de las señales fisiológicas, pueden servir de herramientas complementarias a los utilizados clásicamente en futuros programas de prevención y de intervención psicológicos.

6.2 Evaluación de la Inducción emocional

Como primer paso para poder regular las emociones, los programas de intervención consideran que la regulación emocional como proceso requiere previamente una diferenciación afectiva, es decir, para poder controlar la experiencia emocional es necesario tener la habilidad de reconocer los

estados emocionales internos y saber diferenciarlos (Barrett et al., 2001). Por lo tanto, este sería el primer paso a considerar en una intervención.

En esta Tesis Doctoral se ha planteado la realización de este paso mediante la utilización de la realidad virtual como instrumento de inducción emocional. Para tal fin se han implementado diferentes escenarios donde inducir la emoción seleccionada. En el capítulo 3, se pudo observar como el elemento inductor fue un parque virtual diseñado para la inducción de tristeza que además disponía de varios procedimientos de inducción (música, imágenes afectivas, fragmentos de películas, frases autorreferentes, etc.) que ayudaban a generar la emoción deseada. La eficacia de este instrumento, en la que se complementaba la realidad virtual con los procedimientos de inducción tradicionales, se analizó positivamente en Baños et al. (2006) En el capítulo 4, la realidad virtual fue utilizada para implementar un juego serio donde a los participantes se les indujo una emoción de frustración. Ya por último en el capítulo 5, la realidad virtual fue utilizada para aplicar un novedoso sistema de inducción emocional basado en la Terapia de Modelado de Bandura y que consistía en la creación de avatares virtuales personalizado que indujesen, a su modelo, una emoción de frustración con sus actuaciones. Diferentes entornos virtuales y diferentes técnicas para un único fin: inducir una emoción negativa (frustración o tristeza) en los participantes. Para comprobar si la inducción virtual era la deseada en los participantes se optó por registrar las señales fisiológicas (EEG y ECG) a cada uno de ellos durante la ejecución de cada estudio.

En el capítulo 3 se pudo comprobar como la inducción emocional de tristeza durante la navegación por el parque virtual activó y desactivó unas regiones cerebrales para el grupo control (ausencia de aplicación de estrategias de regulación emocional) diferentes a las producidas por los grupos donde se aplicaba alguna estrategia de regulación emocional. Estas regiones activas se encontraban ubicadas en los giros frontales inferior y superior, pertenecientes al lóbulo frontal, mientras las regiones que se desactivaron se

localizaban en el lóbulo temporal (inferior medio y superior) y en el uncus, perteneciente al lóbulo límbico. De acuerdo con la literatura la activación del giro inferior frontal estaría íntimamente ligado con el procesado de emociones negativas tales como la tristeza (Boyatzis et al., 2012; Vytal and Hamann, 2010). Mientras que, por otro lado, la desactivación de las regiones temporales se encontraría ligado con una disminución de la emoción de felicidad (Vytal and Hamann, 2010; Killgore and Yurgelun-Todd, 2004) lo que podría asociarse a un efecto de la inducción emocional de tristeza y lo que confirmaría que nuestro entorno virtual inducía una emoción de tristeza tal y como se comprobó en la validación previa de Baños et al., 2006.

Similares resultados se obtuvieron en el capítulo 5 donde también se analizó la inducción emocional negativa de frustración que generaban los avatares en los participantes a través del mismo sistema portable de EEG. En esta ocasión se obtuvieron activaciones en el lóbulo límbico, concretamente en el giro cingulado, el cual se encuentra muy ligado con el procesamiento de emociones negativas (Shackman et al. (2011), y con el giro postcentral del lóbulo parietal, región muy relacionada con el reconocimiento de emociones faciales (Adolphs et al., 2000) y en la auto generación de emociones (Damasio et al., 2000). Estos resultados, de acuerdo con la literatura estudiada, sugerirían que a los participantes que estuvieron expuestos a la inducción emocional con los avatares personalizados se les indujo una emoción de frustración que no se pudo obtener en el otro grupo cuyos avatares no eran personalizados.

Ya por último, en el capítulo 4 se optó por utilizar un sistema de monitorización y de registro ECG mientras los participantes se encontraban jugando al juego serio. En esta ocasión, los resultados obtenidos del procesado de la señal ECG mostraron un incremento significativo de la frecuencia cardíaca media entre el momento de reposo y el momento donde se le indujo la emoción de frustración. Este resultado se contrastó con los

obtenidos por los termómetros (cuestionarios introducidos en el juego) y se podría afirmar que hubo indicios de frustración en los participantes que jugaron a este juego.

6.3 Evaluación de las Estrategias de Regulación Emocional

Una vez las personas son capaces de reconocer y diferenciar sus emociones, hay que evaluar las estrategias que utilizan para regularlas con el fin de detectar deficiencias sobre las que centrar la intervención. El objetivo es conseguir desarrollar habilidades para modificar las emociones en la dirección deseada y aceptar y tolerar las emociones no deseadas. Un estudio llevado a cabo por Berking et al., (2008) demostró que el uso de un programa de entrenamiento en competencias emocionales mejoraba la conciencia de las emociones, su aceptación y su resistencia al estrés.

Siguiendo estas pautas, en esta Tesis Doctoral se presentaron tres formas diferentes de aplicar estrategias de regulación emocional. En el capítulo 3 se les dio a los participantes una serie de instrucciones que tenían que seguir para aplicar una estrategia de reevaluación cognitiva o de supresión expresiva (Gross 1998), dependiendo del grupo al que pertenecieran. Por otro lado en el capítulo 4, se presentaron dos estrategias de regulación emocional a través de dos mini juegos introducidos en el juego implementado. En el primer mini juego se implementó una estrategia de respiración pausada, para ello los participantes tenían que acompañar su frecuencia respiratoria al movimiento de una pluma. El otro mini juego era una estrategia de atención, donde el sujeto tenía que concentrarse para hacer click sobre los números que le iban apareciendo y no hacer click si se aparecía un número que la aplicación le indicaba. Ya por último, en el capítulo 5 se aplicó una estrategia de regulación emocional basada en una tarea de respiración que realizaban los avatares personalizados y que los participantes debían seguir. Al igual que con la inducción emocional, para la comprobación del éxito de la regulación emocional en los participantes se

optó también por registrar las señales EEG y ECG a cada participante en cada estudio.

En el capítulo 3 se analizó como la regulación emocional basada en una reevaluación cognitiva activaba regiones del lóbulo límbico, concretamente el giro cingulado y el cingulado anterior los cuales están estrechamente ligados con los procesos de regulación emocional (Kalisch et al., 2006; Ochsner y Gross, 2005). De hecho, en el estudio de Smoski et al. (2013) proporcionó evidencias de que un incremento en la activación del cingulado anterior estaría relacionado con una mejora de las funciones de regulación emocional en los individuos que habían sufrido episodios de depresión. En este capítulo también se analizó una estrategia de regulación emocional basada en supresión emocional donde, en este caso, no se obtuvieron activaciones significativas pero sí que se obtuvo una tendencia a la significación en las regiones parietales, como el precúneo, y en el lóbulo temporal (giro angular). Como ya se indicó en el capítulo 3, estas regiones estarían ligadas con la autoconciencia y el auto reconocimiento de los procesos emocionales (Kjaer et al., 2002; Lou et al., 2004) además de con el sentido de presencia (Clemente et al., 2014), lo cual podría indicar de que los participantes que estuvieron en este grupo fueron conscientes de la emoción que se le estaba intentado inducir a fin de inhibir su comportamiento externo, tal y como se le indicó en la instrucción.

Por otro lado, en el capítulo 4 se analizó la señal cardíaca después de la inducción y durante la aplicación de las estrategias de regulación emocional. Se obtuvo una disminución de la frecuencia cardíaca, que se corroboró con los cuestionarios que se debía a una disminución del nivel emocional inducido y que podría decirse que se debió a la aplicación de las estrategias implementadas.

Ya por último en el capítulo 5 se analizó la aplicación de la regulación emocional a través de los avatares personalizados. Los resultados de este

estudio mostraron activaciones en las regiones del lóbulo límbico (giro cingulado) y en el lóbulo parietal (giro postcentral) durante la inducción emocional que, posteriormente, se desactivaban durante la aplicación de la estrategia de regulación emocional implementada, en el grupo de los avatares personalizados. Estos resultados mostrarían que los avatares virtuales personalizados podrían ser un buen instrumento para trabajar las estrategias de regulación emocional y ser incluidos en los programas de intervención en problemas emocionales con adolescentes.

6.4 Referencias

- Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D., Cooper, G., & Damasio, A. R. (2000). A role for somatosensory cortices in the visual recognition of emotion as revealed by three-dimensional lesion mapping. *Journal of Neuroscience*, 20, 2000, 2683–2690.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review* 84, 191-215.
- Bandura, A. (2001). Social cognitive theory of mass communication. *Media Psychology*, 3, 265-298.
- Baños, R., Liaño, V., Botella, C., Alcañiz, M., Guerrero, B., & Rey, B. (2006). Changing induced moods via virtual reality. In: W.A. Ijsselsteijn, Y. de Kort, C. Midden, B. Eggen, E. van den Hoven, eds, *Persuasive Technology: Lecture Notes in Computer Science*, Berlin/Heilderberg: Springer-Verlag (2006), 7-15.
- Barrett, L. F., Gross, J., Christensen, T. C., & Benvenuto, M. (2001). Knowing what you're feeling and knowing what to do about it: Mapping the relation between emotion differentiation and emotion regulation. *Cognition & Emotion*, 15(6), 713-724.

- Berking, M., Wupperman, P., Reichardt, A., Pejic, T., Dippel, A. y Znoj, H. (2008). Emotion-regulation skills as a treatment target in psychotherapy. *Behaviour Research and Therapy*, 46, 1230-1237.
- Boyatzis, R. E., Passarelli, A. M., Koenig, K., Lowe, M., Mathew, B., Stoller, J. K., & Phillips, M. (2012). Examination of the neural substrates activated in memories of experiences with resonant and dissonant leaders. *The Leadership Quarterly*, 23(2), 259-272.
- Clemente, M., Rodríguez, A., Rey, B., & Alcañiz, M. (2014). Assessment of the influence of navigation control and screen size on the sense of presence in virtual reality using EEG. *Expert Systems with Applications*, 41(4), 1584-1592.
- Damasio, A. R., Grabowski, T. J., Bechara, A., Damasio, H., Ponto, L. L., Parvizi, J., & Hichwa, R. D. (2000). Subcortical and cortical brain activity during the feeling of self-generated emotions. *Nature Neuroscience*, 3, 1049–1056.
- Gross, J. J. (1998a). Antecedent-and response-focused emotion regulation: divergent consequences for experience, expression, and physiology. *Journal of personality and social psychology*, 74(1), 224.
- Kalisch, R., Wiech, K., Critchley, H. D., & Dolan, R. J. (2006). Levels of appraisal: a medial prefrontal role in high-level appraisal of emotional material. *Neuroimage*, 30(4), 1458-1466.
- Killgore, W. D., & Yurgelun-Todd, D. A. (2004). Activation of the amygdala and anterior cingulate during nonconscious processing of sad versus happy faces. *Neuroimage*, 21(4), 1215-1223.
- Kjaer TW, Nowak M, Lou HC. Reflective self-awareness and conscious states: PET evidence for a common midline parietofrontal core. *Neuroimage* 2002; 17: 1080–6.
- Lou HC, Luber B, Crupain M, Keenan JP, Nowak M, Kjaer TW, et al. Parietal cortex and representation of the mental self. *Proc Natl Acad Sci USA* 2004; 101: 6827–32.

- Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2005). The cognitive control of emotion. *Trends in cognitive sciences*, 9(5), 242-249.
- Shackman, A. J., Salomons, T. V., Slagter, H. A., Fox, A. S., Winter, J. J., & Davidson, R. J. (2011). The integration of negative affect, pain and cognitive control in the cingulate cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, 12(3), 154-167.
- Smoski, M. J., Keng, S. L., Schiller, C. E., Minkel, J., & Dichter, G. S. (2013). Neural mechanisms of cognitive reappraisal in remitted major depressive disorder. *Journal of affective disorders*, 151(1), 171-177.
- Vytal, K., & Hamann, S. (2010). Neuroimaging support for discrete neural correlates of basic emotions: a voxel-based meta-analysis. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(12), 2864-2885.

Capítulo 7.

Conclusiones Finales y Líneas de Investigación Futuras

7.1 Conclusiones

Los resultados presentados en esta Tesis Doctoral proporcionan un nuevo marco de investigación en donde la realidad virtual y la monitorización fisiológica pueden ser utilizadas para dotar a la sociedad de nuevos medios eficaces que permitan prevenir posibles trastornos emocionales y de comportamiento a través de la detección temprana de déficits en la aplicación de estrategias de regulación emocional.

De este modo, en el capítulo 3 se probó la eficacia de un entorno virtual diseñado para inducir una emoción negativa de tristeza en participantes de edad adulta. Los resultados mostrados a través de los cuestionarios y del registro de las activaciones cerebrales medidas confirmaron que este entorno virtual puede ser utilizado para la inducción emocional de tristeza.

Bajo este contexto, también se analizaron la utilización de dos estrategias de regulación emocional, reevaluación cognitiva y supresión expresiva, cuando la inducción emocional era aplicada. Los resultados obtenidos a través del análisis de la activación cerebral mostraron activaciones significativas en las áreas relacionadas con la aplicación de la estrategia de reevaluación cognitiva. Sin embargo, en el grupo que usaba la estrategia de supresión emocional no se obtuvieron resultados significativos que confirmasen que esta estrategia se utilizó en el estudio. En cualquier caso, el estudio muestra que los sistemas de monitorización de actividad cerebral ofrecen información relevante que puede ser utilizada para la evaluación de estrategias de regulación emocional empleadas por grupos de población de interés.

Cabe destacar que, en concreto, para este estudio se utilizó como instrumento de medida objetiva un sistema EEG portable de bajo coste que medía durante el transcurso de la prueba una señal eléctrica temporal del cuero cabelludo sin influir en los participantes. Si bien en este estudio se aplicó un diseño pre-post, sería interesante, para futuros trabajos, analizar

cómo evoluciona la activación cerebral durante la aplicación de dichas estrategias de regulación emocional durante la navegación en la realidad virtual. Sea como fuere y en función de que los resultados medidos son similares a aquellos obtenidos mediante complejos sistemas de imagen neuronal, se puede concluir que dicho dispositivo puede ser utilizado en estudios de regulación emocional para obtener resultados más objetivos y complementar las herramientas psicométricas que se han utilizado hasta el momento. Esta conclusión se ve reafirmada en el estudio descrito en el capítulo 5, de este documento, donde se volvió a utilizar dicho dispositivo para analizar la actividad cerebral de un grupo de adolescentes mientras se exponían a un novedoso sistema de regulación emocional basado en avatares personalizados.

De acuerdo con los conocimientos y la experiencia adquirida en el estudio presentado en el capítulo 3, se planteó continuar utilizando la realidad virtual para el entrenamiento y la evaluación de las estrategias de regulación emocional, pero esta vez el grupo experimental lo iban a componer adolescentes. Para ello, se desarrolló un juego serio basado en realidad virtual en donde al participante se le inducía una emoción de frustración, para luego poder entrenar dos estrategias de regulación emocional. Todo ello, mientras se le registraba su señal cardiaca con un prototipo de ECG portable diseñado en el instituto I3BH de la UPV. Los resultados aportados mediante el análisis de los cuestionarios y de la señal ECG registrada mostraron que durante el período de inducción de frustración, a los participantes se les indujo una emoción negativa con diferencias significativas con respecto al periodo de reposo, al igual que mostraron que las técnicas de regulación emocional resultaron ser útiles para producir una mejoría y un control de la situación experimentada por los participantes. Sin embargo, este estudio poseía una cierta limitación en cuanto a la utilización de la señal cardíaca, y es que un incremento o decremento dicha medida, por sí sola, no ofrecía un valor fiable, ya que esto podría ser debido a un

incremento o un decremento de la excitación del sujeto. Así, para llegar a las conclusiones a las que se llegó, fue necesario complementar dichos resultados objetivos con aquellos obtenidos subjetivamente mediante los cuestionarios. De cara a trabajos futuros, esta limitación puede ser superada mediante la utilización de la señal cardíaca con otras señales complementarias como puede ser la respiratoria, la conductividad de la piel o la propia señal EEG que ayuden a discriminar la emoción sentida por los participantes. Otra forma de superar esta limitación podría ser mediante la repetición del mismo estudio pero esta vez utilizando un grupo control al cual no se le indujese frustración. De cualquier forma, los resultados que se obtuvieron llevan a la conclusión aceptada de que los juegos serios pueden ser una forma atractiva para entrenar y evaluar las técnicas de regulación emocional con los adolescentes y así estos pueden incrementar sus habilidades en el control emocional diario.

Ya por último, los resultados presentados en el capítulo 5 confirmaron cómo los avatares podían influir en el comportamiento humano. Aunque esta conclusión no es nueva, tal y como se ha mostrado en estudios previos, sí lo es el hecho de utilizar avatares personalizados en población adolescente para inducir una emoción negativa y para, posteriormente, regularla a través de la aplicación de una estrategia específica de regulación emocional. A estas conclusiones se llegó después de analizar los resultados obtenidos a través de los instrumentos psicométricos y los obtenidos a través del procesado de las señales fisiológicas, lo cual garantiza un valor científico a estas conclusiones.

Los resultados obtenidos en la presente Tesis Doctoral fortalecen el estado del arte relacionado con el estudio de las estrategias de regulación emocional en adolescentes y ofrecen un nuevo enfoque más tecnológico, basado en realidad virtual y medidas psicofisiológicas, para el entrenamiento y el análisis objetivo de dichas estrategias de regulación emocional. Y es que el uso de la realidad virtual, ya sea en forma de entorno

virtual, de juego serio o de avatar personalizado, puede mejorar los programas de intervención y evaluación de trastornos emocionales en adolescentes gracias, en parte, a la gran atracción que poseen estos en este sector poblacional y a la facilidad para presentar contextos divertidos, entretenidos e influyentes.

7.2 Líneas de investigación para futuros trabajos

En la presente Tesis Doctoral se han abordado distintos objetivos respondiendo a las hipótesis planteadas. Aun así, durante la realización de los estudios y su análisis de resultados han ido surgiendo nuevas preguntas que son las encargadas de indicar la dirección que queda por seguir con respecto a la mejora de los programas de prevención y de tratamiento de problemas de salud emocional en población adolescente. En este sentido, las líneas de investigación que se recomienda seguir para futuras investigaciones son:

- a) Investigar el efecto de otras emociones en la salud emocional de los adolescentes. En este trabajo, se ha tratado sobre cómo prevenir posibles trastornos de dos emociones negativas, como son la frustración y el miedo. Es por ello que sería muy interesante poder seguir avanzando en el estudio de los efectos de una mala regulación emocional en otras emociones, como podrían ser la ira o la felicidad.
- b) Continuar investigando nuevas estrategias de regulación emocional y como crear nuevas tareas o juegos serios, basados en realidad virtual, para poder entrenar dichas estrategias. Se podrían combinar algunos de los métodos propuestos en esta tesis, como los juegos serios y los avatares personalizados, y evaluar el resultado de aplicar esta combinación para el entrenamiento de estrategias determinadas.

- c) Investigar el uso de otras medidas psicofisiológicas y de instrumentos más clínicos y precisos en el campo de la regulación emocional y analizar como una regulación emocional disruptiva les influye y así poder programar algoritmos automáticos que permitan su detección temprana.
- d) Mejorar los sistemas de interfaz entre los participantes y los entornos virtuales haciendo uso de las interfaces tecnológicas que están apareciendo en el mercado, como son los sistemas de cámaras RGB-D, y los sistemas más inmersivos, como son las Oculus Rift.
- e) Incrementar el conocimiento sobre los avatares personalizados y su uso en la modificación de la conducta emocional, así como mejorar la interactividad de los participantes con ellos, utilizando los nuevos sistemas de exposición virtual que están apareciendo actualmente.
- f) Validar el uso de la realidad virtual y del análisis de medidas fisiológicas sobre una población clínica. Los estudios presentados en esta Tesis Doctoral fueron realizados con una población sana, por lo que parece claro que el siguiente paso natural sería poder aplicar dichos conocimientos y experiencias adquiridas en una población adolescente con problemas de salud emocional detectados.
- g) Integrar dichos conocimientos en los programas de intervención de problemas emocionales en adolescentes y ponerlos a prueba.

Capítulo 8.

Publicaciones

8.1 Introducción

En este capítulo se presentan las publicaciones que han surgido durante el desarrollo de la presente Tesis Doctoral. En total, tres artículos han sido aceptados para su publicación en revistas indexadas en JCR Science Edition, ocho presentaciones en conferencias internacionales (siete presentaciones orales y un póster) y un póster presentado en una conferencia nacional. Siete de las presentaciones orales fueron también publicadas en forma de capítulos del libro. Además se redactó un capítulo de un libro y se trabajó en tres publicaciones relacionadas con la presente Tesis Doctoral, pero no han sido incluidos en la misma.

8.2 Publicaciones en Revistas Indexadas en JCR Science Edition

- **Alejandro Rodríguez Ortega**; Beatriz Rey; Miriam Clemente; Maja Wrzesien; Mariano Alcañiz (2015). Assessing brain activations associated with emotional regulation during virtual reality mood induction procedures. EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS. Vol. 42, issue 3; p.p. 1699-1709.

EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS posee un factor de impacto de 1.965 en el año 2013 y estaba indexada en el primer cuartil de las categorías “Computer Science, Artificial Intelligence” y “Operations Research & Management Science”.

- Maja Wrzesien; **Alejandro Rodríguez Ortega**; Beatriz Rey; Mariano Alcañiz; Rosa M^a Baños; M^a Dolores Vara (2014). How the physical similarity of avatars can influence the learning of emotion regulation strategies in teenagers. COMPUTERS IN HUMAN BEHAVIOR. Vol. 43; p.p. 101-111.

COMPUTERS IN HUMAN BEHAVIOR posee un factor de impacto de 2.273 en el año 2013 y estaba indexada en el primer cuartil de la categoría de “Psychology, Multidisciplinary”.

- **Alejandro Rodríguez Ortega**; Beatriz Rey; M^a Dolores Vara; Maja Wrzesien; Mariano Alcañiz; Rosa M^a Baños; David Pérez-López (2015). A VR-based Serious Game for Studying Emotional Regulation in Adolescents. IEEE COMPUTER GRAPHICS AND APPLICATIONS. Vol 35, issue 1; p.p. 65-73.

IEEE COMPUTER GRAPHICS AND APPLICATIONS posee un factor de impacto de 1.116 en el año 2013 y estaba indexada en el segundo cuartil de la categoría “Computer Science, Software Engineering”.

8.3 Capítulo de Libros -- Actas de Congresos

- Mariano Luis Alcañiz Raya; **Alejandro Rodríguez Ortega**; Beatriz Rey Solaz; Elena Parra Vargas. Using Serious Games to Train Adaptive Emotional Regulation Strategies. Lecture Notes in Computer Science. 8531, pp. 541 -549. 2014. ISSN 0302-9743. DOI: 10.1007/978-3-319-07632-4.
- **Alejandro Rodríguez Ortega**; Beatriz Rey Solaz; Mariano Luis Alcañiz Raya. Evaluating Virtual Reality Mood Induction Procedures with Portable EEG Devices. Studies in Health Technology and Informatics. 191, pp. 131 - 135. 2013. ISSN 0926-9630. DOI: 10.3233/978-1-61499-282-0-131.
- Miriam Clemente Bellido; **Alejandro Rodríguez Ortega**; Beatriz Rey Solaz; Mariano Luis Alcañiz Raya. Measuring presence during the navigation in a Virtual Environment using EEG. Studies in Health

Technology and Informatics. 191, pp. 136-140. 2013. ISSN 0926-9630. DOI: 10.3233/978-1-61499-282-0-136.

- **Alejandro Rodríguez Ortega**; Beatriz Rey Solaz; Mariano Luis Alcañiz Raya. Validation of a Low-Cost EEG Device for Mood Induction Studies. Studies in Health Technology and Informatics. 191, pp. 43 - 47. 2013. ISSN 0926-9630. DOI: 10.3233/978-1-61499-282-0-43.
- **Alejandro Rodríguez Ortega**; Beatriz Rey Solaz; Mariano Luis Alcañiz Raya; ROSA M^a BAÑOS; Jaime Guixeres Provinciale; Maja Ewa Wrzesien; Mario Gómez Martínez; David Clemente Pérez Lopez; Paloma Rasal; Elena Parra Vargas. GameTeen: New Tools for Evaluating and Training Emotional Regulation Strategies. Studies in Health Technology and Informatics. 181, pp. 334 - 338. 2012. ISSN 0926-9630. DOI: 10.3233/978-1-61499-121-2-334.
- **Alejandro Rodríguez Ortega**; Jaime Guixeres Provinciale; Beatriz Rey Solaz; Mariano Luis Alcañiz Raya. Reliability and Validity of TIPS Wireless ECG Prototypes. Studies in Health Technology and Informatics. 181, pp. 83 - 87. 2012. ISSN 0926-9630. DOI: 10.3233/978-1-61499-121-2-83
- Beatriz Rey Solaz; **Alejandro Rodríguez Ortega**; Mariano Luis Alcañiz Raya. Using Portable EEG Devices to Evaluate Emotional Regulation Strategies during Virtual Reality Exposure. Studies in Health Technology and Informatics. 181, pp. 223 - 227. 2012. ISSN 0926-9630. DOI: 10.3233/978-1-61499-121-2-223.
- Maja Ewa Wrzesien; Beatriz Rey Solaz; Mariano Luis Alcañiz Raya; ROSA M^a BAÑOS; Mario Gómez Martínez; David Clemente Pérez Lopez; **Alejandro Rodríguez Ortega**; Paloma Rasal; Elena Parra

Vargas; Jaime Guixeres Provinciale. Virtual Representations of the Self: Engaging Teenagers in Emotional Regulation Strategies Learning. Studies in Health Technology and Informatics. 181, pp. 248 - 252. 2012. ISSN 0926-9630.

8.4 Capítulo de Libros

- **Alejandro Rodríguez**, Beatriz Rey, Mariano Alcañiz, Maja Wrzesien, Rosa M^a Baños y M^a Dolores Vara. Nuevos métodos de evaluación y entrenamiento de estrategias de regulación emocional basados en juegos serios y nuevas tecnologías. Capítulo del libro que recopila las exposiciones de los ponentes en el 4th Forum on Virtual Teaching and CyberPsychology. Su publicación se espera en Mayo 2015.

8.5 Otras Presentaciones en Congresos

- **Alejandro Rodríguez**, Beatriz Rey, Patricia Mesa, Mariano Alcañiz (2012). Validación de un sistema de EEG inalámbrico como medida neurofisiológica de ondas de actividad cerebral en sujetos humanos. (Poster). Conference: VIII Congreso de la Sociedad Española de Psicofisiología y Neurociencia Cognitiva y Afectiva (SEPNECA).
- **Alejandro Rodríguez Ortega**; Beatriz Rey Solaz; Jaime Guixeres Provinciale; Mariano Luis Alcañiz Raya; Berenice Serrano; Rosa M^a Baños; Cristina Botella (2010). Analysis of Heart Rate Variability in Virtual Environments for Emotional Induction (4Senses Project). Cybertherapy 2010, International Association of Cyberpsychology, Training and Rehabilitation pp. 226 - 228.

8.6 Otros Estudios Relacionados con la Tesis Doctoral

- Miriam Clemente Bellido; **Alejandro Rodríguez Ortega**; Beatriz Rey Solaz; Mariano Luis Alcañiz Raya. Assessment of the influence of navigation control and screen size on the sense of presence in virtual reality using EEG. *EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS*. 41, pp. 1584 - 1592. 2014. ISSN 0957-4174. DOI: 10.1016/j.eswa.2013.08.055

EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS posee un factor de impacto de 1.965 en el año 2013 y estaba indexada en el primer cuartil de las categorías “Computer Science, Artificial Intelligence” y “Operations Research & Management Science”.

- **Alejandro Rodríguez Ortega**; Beatriz Rey Solaz; Mariano Luis Alcañiz Raya. Immersive Virtual Environments for Emotional Engineering: Description and Preliminary Results. *Studies in Health Technology and Informatics*. 167, pp. 199 - 203. 2011. ISSN 0926-9630. DOI: 10.3233/978-1-60750-766-6-199.
- Miriam Clemente, **Alejandro Rodríguez**, Beatriz Rey, Aina Rodríguez, Rosa M. Baños, Cristina Botella, Mariano Alcañiz, and César Ávila. (2011). Analyzing the Level of Presence While Navigating in a Virtual Environment during an fMRI Scan. *INTERACT 2011, Part IV, LNCS 6949*, pp. 475–478.