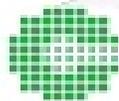
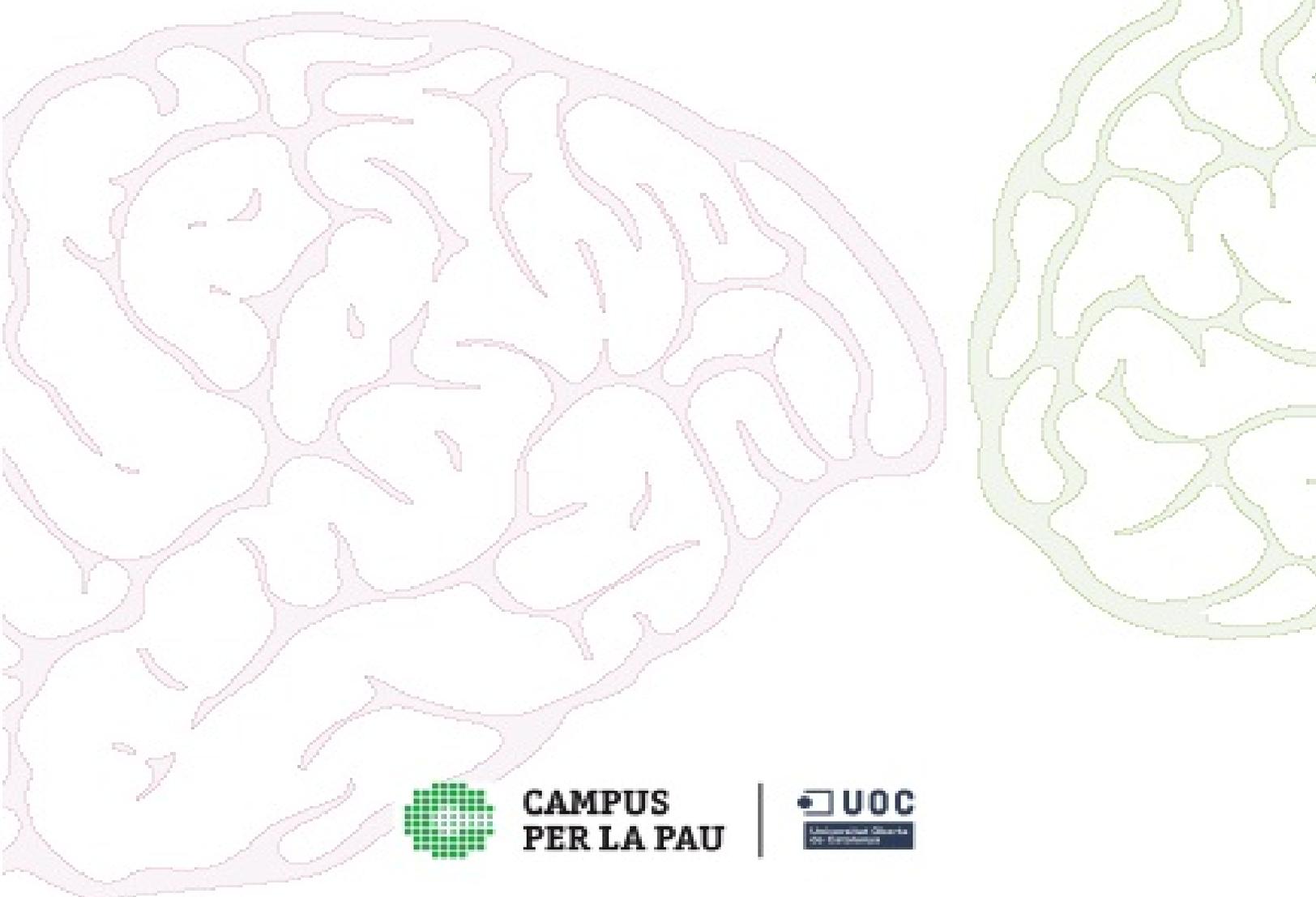


**QUADERNS DEL CAMPUS PER LA PAU**

# **NEUROCIENCIA AFECTIVA**

**Eduard Vinyamata, Dr. Ignacio Morgado Bernal,  
Dra. Lenka Selinger, Carles Escera, Dra. María Hernández-Lorca,  
Dr. Àngel Cuquerella Fuentes, Diego Redolar Ripoll, Jaime Vila,  
Rashmi Gupta, Judith Domínguez-Borràs and Patrik Vuilleumier,  
Dra. Lana F. Morrow, Dra. Carmen García Sánchez**



**CAMPUS  
PER LA PAU**



# **Neurociencia afectiva**

Coordinación editorial: Andrea Horta Barba, Rosanna Marí Vico, Alba Pérez Cordon

Eduard Vinyamata, Dr. Ignacio Morgado Bernal, Dra. Lenka Selinger, Carles Escera, Dra. María Hernández-Lorca, Dr. Àngel Cuquerella Fuentes, Diego Redolar Ripoll, Jaime Vila, Rashmi Gupta, Judith Domínguez-Borràs and Patrik Vuilleumier, Dra. Lana F. Morrow, Dra. Carmen García Sánchez

Diseño de la colección: Editorial UOC

Primera edición digital: diciembre 2014

© Eduard Vinyamata, de la edición.

© Dr. Ignacio Morgado Bernal, Dra. Lenka Selinger, Carles Escera, Dra. María Hernández-Lorca, Dr. Àngel Cuquerella Fuentes, Diego Redolar Ripoll, Jaime Vila, Rashmi Gupta, Judith Domínguez-Borràs and Patrik Vuilleumier, Dra. Lana F. Morrow, Dra. Carmen García Sánchez

© Editorial UOC, de esta edición, 2014

Gran Via de les Corts Catalanes, 872, 3a planta, 08018 Barcelona

[www.editorialuoc.cat](http://www.editorialuoc.cat)

Realització digital: Oberta UOC Publishing, SL

ISBN:

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño general y la cubierta, puede ser copiada, reproducida, almacenada o transmitida de ninguna forma, ni por ningún medio, sea éste eléctrico, químico, mecánico, óptico, grabación fotocopia, o cualquier otro, sin la previa autorización escrita de los titulares del *copyright*.

# Tabla de contenido

## Introducción

*Andrea Horta Barba, Rosanna Mari Vico, Alba Pérez Cordón*

## Prólogo

*Eduard Vinyamata*

## 1. El cerebro emocional

*Dr. Ignacio Morgado Bernal*

## 2. Music moves us

*Dra. Lenka Selinger, Carles Escera*

## 3. Rivalidad binocular y emoción

*Dra. María Hernández-Lorca*

## 4. Psicopatía, neuropsicología y desarrollo moral

*Dr. Àngel Cuquerella Fuentes*

## 5. Bases neurales de la modulación emocional de la memoria

*Diego Redolar Ripoll*

## 6. Emoción y supervivencia: investigando las emociones positivas y negativas en el laboratorio

*Jaime Vila*

## 7. Neural correlates of emotion- and reward-driven attentional capture

*Rashmi Gupta, Judith Domínguez-Borràs and Patrik Vuilleumier*

## 8. Brain-computer interface (BCI) and Frequency Specific Training

*Dra. Lana F. Morrow*

## 9. Felicidad

*Dra. Carmen García Sánchez*

# Introducción

Estamos muy agradecidas por haber llevado a cabo este novedoso proyecto para la UOC Campus per la Pau, especialmente a su director, el Dr. Eduard Vinyamata, por la confianza depositada en nuestro equipo. De igual forma, queremos agradecer a todos los profesionales que han escrito un artículo para este cuaderno, aportado su conocimiento y experiencia. Sin su colaboración, no habría sido posible la unión de la neurociencia en el ámbito de la conflictología.

Los conflictos individuales y grupales alteran las propiedades biológicas, químicas y físicas dando lugar a diferentes circuitos neuronales de normalidad o patología. El entorno en el que vivimos incide en nuestra persona y esta, a su vez, influye en nuestra sociedad. Por lo tanto, en el estudio de la conflictología consideramos muy importante tener en cuenta los componentes neuropsicológicos individuales y/o contextuales necesarios para poder comprender y avanzar en la resolución de conflictos por vías no violentas. Tener conocimiento de las emociones humanas desde un punto de vista científico debería ayudar a entender las bases cerebrales que llevan al ser humano a comportarse de determinada manera. En este cuaderno tratamos de aproximarnos a las bases neurocientíficas que dan lugar a los conflictos, emociones, sensaciones y maneras de actuar del ser humano pretendiendo, asimismo, acercarnos a todos los que partiendo de una u otra disciplina tratamos de comprender al individuo dentro de un medio en el que entorno y persona construyen un sistema recíproco envuelto en un espacio que nos hace crecer y formar parte de una sociedad.

Como podrán leer a continuación, el cuaderno se compone de nueve artículos de contenidos diversos. Su intencionalidad ha sido en todo momento partir de un punto de vista divulgativo para poder proporcionar una lectura agradable y de interés general. Debido a que la unión de estas vertientes científicas puede resultar novedosa para los lectores del ámbito social, hemos abarcado diferentes temáticas en torno a la neurociencia afectiva. Esperamos que la lectura de estos capítulos permita conocer los estrechos límites entre la emoción y el órgano regulador donde se llevan a cabo.

Estamos muy agradecidas a todos los que han permitido que este cuaderno pueda llegar a las manos de todo aquel que lo desee, porque aunque suene a tópico, sin ellos nada de esto hubiera sido posible.

**Andrea Horta Barba** es licenciada en Psicología, máster en Neuropsicología y en Psicopatología Legal. Ha realizado estudios y trabajos de investigación en el IR-HSCSP (Institut de Recerca, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau), centrados en el estudio de las patologías neurológicas. Es coautora de la publicación *Manual de Psicología Forense y Criminal* de la UB. Actualmente está realizando un programa de doctorado en Neuropsicología.

**Rosanna Marí Vico** es licenciada en Psicología y diplomada en Logopedia, posgraduada en Neurorrehabilitación, máster en Neuropsicología y en Investigación en Salud Mental. Ha realizado estudios y trabajos de investigación en el IR-HSCSP. Actualmente dedica su profesión al estudio y la clínica en población infantil.

**Alba Pérez Cerdón** es licenciada en Psicología, posgraduada en Psicopatología Clínica y máster en Neuropsicología y en Investigación en Salud Mental. Ha realizado estudios y trabajos de investigación en el IR-HSCSP. Colabora en diversas líneas de investigación de patologías neurodegenerativas y psiquiátricas.

# Prólogo

Me siento muy satisfecho del trabajo de coordinación realizado en este libro digital por Andrea Horta Barba, Rosanna Marí Vico y Alba Pérez Cerdón.

El presente libro, publicado en el marco del CREC (Centro de Investigaciones y Estudios en Conflictología) y el Campus por la Paz de la UOC, resulta una excelente aportación científica a la conflictología desde la perspectiva de la neuropsicología, tanto por el perfil de las personas que colaboran con sus artículos como por las temáticas que desarrollan. Una obra que será decisiva para los estudiantes, profesionales e investigadores en el ámbito de los conflictos.

Conocer los fundamentos neuropsicológicos de las emociones humanas resulta fundamental si queremos comprender los conflictos y ayudar a que las personas traten de resolverlos, conflictos tanto personales como sociales y políticos.

Sin un conocimiento científico sistemático y pluridisciplinario resulta muy difícil poder comprender cualquier fenómeno humano y, por tanto, encontrar la mejor manera de intervenir, ayudar o participar en la solución de problemas, conflictos y crisis. Este libro nos ayudará en este propósito.

La conflictología es el compendio de conocimientos sobre la violencia, las crisis y los conflictos. Asimismo, el compendio de técnicas y procedimientos de intervención exceptuando toda forma de violencia, incluso contra uno mismo. No únicamente por razones éticas sino, simplemente, porque cualquier tipo de violencia es, justamente, la causa de conflictos y crisis. Las características humanas, sus circunstancias, su diversidad de formas de vida, no representan problema alguno para desarrollar relaciones con uno mismo y con el entorno social y ambiental plenamente satisfactorias.

Vivir en paz es mucho más que una frase, representa muchas otras cosas. Nuestro pensamiento influye decididamente en nuestra actitud y comportamiento, genera secreciones hormonales que nos llevan a sensaciones de odio, de miedo, de afecto o de felicidad. Y los pensamientos se nutren de las maneras de entender el mundo y la vida, de desarrollar nuestras relaciones, de la percepción que tenemos de nosotros mismos. La historia individual y la colectiva, la filosofía de vida que incorporamos consciente o inconscientemente, nuestro estado de salud, nuestros objetivos vitales, conforman nuestros actos y los resultados que obtenemos.

Pese a que la especialización científica aporta muy buenos resultados, desvincularse del acceso a otros conocimientos no nos aporta la visión holística y global de la realidad que observamos. Por ello es importante combinar ambas cosas, el conocimiento específico desde una disciplina específica y la colaboración entre científicos de disciplinas diferentes. Esta cooperación nos permite percibir mejor la realidad que pretendemos comprender. Y comprender los conflictos es importante si queremos vivir en paz y disfrutar de la vida individual y colectivamente. Sin paz nada funciona bien, ni

la salud ni el gobierno ni la economía ni la ciudad.

Gracias a todos cuantos han hecho posible esta colaboración que permite dar a luz este libro.

**Eduard Vinyamata**

Director del Campus por la Paz

CREC

Director de programas de los Estudios de Derecho y Ciencia Política (UOC)

# 1. El cerebro emocional

Ignacio Morgado Bernal

*Ignacio Morgado Bernal es catedrático de Psicobiología en el Instituto de Neurociencia y la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Barcelona. Ha realizado estudios y trabajos de investigación en las universidades del Ruhr (Alemania), de Oxford (Reino Unido) y en el Instituto Tecnológico de California (Caltech, EE.UU.). Imparte clases de Psicología Fisiológica y realiza investigación experimental sobre Potenciación y recuperación de la memoria por estimulación eléctrica cerebral en ratas normales y con daño cerebral. Ha realizado asesorías científicas para Editorial Ariel (Grupo Planeta) y Cosmocaixa de Barcelona. Es autor de un centenar de trabajos sobre psicobiología y neurociencia cognitiva, publicados en revistas y libros nacionales e internacionales. Sus principales obras de divulgación científica son Emociones e inteligencia social: las claves para una alianza entre los sentimientos y la razón (Mina, 2006, edición catalana; y Ariel, 2007 y 2010, edición castellana), Cómo percibimos el mundo: una aproximación a la mente y los sentidos (Ariel, 2012) y Aprender, recordar y olvidar: claves cerebrales para mejorar la educación (Ariel, 2014).*

## **Qué son las emociones**

Cualquier respuesta o reacción emocional consiste en tres tipos de componentes: el conductual, el autonómico y el hormonal. El componente conductual son las respuestas musculares y las posturas corporales adecuadas a la situación que produce la emoción. Es, por ejemplo, el conjunto de movimientos, gestos y palabras que una persona puede realizar cuando se siente atacada y adopta una actitud defensiva. Ese comportamiento es facilitado por respuestas de su **sistema nervioso autónomo** que movilizan la energía corporal necesaria para el mismo. Tales respuestas incluyen la activación del **sistema nervioso simpático** para aumentar la frecuencia cardíaca y el aporte de sangre a los músculos. Al mismo tiempo, las **glándulas suprarrenales** liberan hormonas que potencian esa movilización energética. La médula suprarrenal libera a la sangre **adrenalina** y **noradrenalina**, hormonas que incrementan aún más el flujo de sangre a los músculos y hacen que los nutrientes almacenados en estos últimos se conviertan en glucosa, el carbohidrato que se requiere como fuente de energía para la contracción muscular. Por su parte, las células de la corteza de las glándulas suprarrenales liberan a la sangre hormonas esteroideas, como el **cortisol**, que

contribuyen igualmente al aporte energético de glucosa a los músculos.

Las respuestas emocionales son producidas y controladas por la **amígdala**, un complejo de diferentes núcleos neuronales localizado en la parte anterior de cada uno de los lóbulos temporales del cerebro. La mayoría de las respuestas emocionales son aprendidas, siendo también la amígdala un lugar crítico donde tiene lugar el condicionamiento o asociación entre los estímulos o situaciones originalmente neutras y las circunstancias emocionales a las que quedan ligadas. De ese modo, un estímulo inicialmente neutro, como un tono acústico, puede ser asociado a una situación emocional, como una pequeña descarga eléctrica en la piel, gracias a la conjunción de las señales nerviosas de ambos estímulos que tiene lugar en las sinapsis de la amígdala basal y lateral.

## ***Qué son los sentimientos***

En los humanos la actividad fisiológica y conductual somática que acabamos de explicar puede ser captada por el propio cerebro consciente, particularmente por la **corteza somatosensorial** en el lóbulo parietal, y percibida en forma de sentimientos. Es decir, la conciencia permite al cerebro percibir el estado físico de su propio cuerpo emocionado, sentir, por así decirlo, sus propias reacciones emocionales, algo que hace además de una manera muy especial, pues no consiste en sentir cada uno de los componentes anteriormente mencionados de la respuesta emocional, sino en una percepción global, integrada y específica que invade la mente, en algo muy genuino y subjetivo que es lo que llamamos **sentimiento**. Además, como cada situación emocional provoca un patrón diferente de cambios somáticos, el cerebro los percibe también como sentimientos diferentes. El miedo, la sorpresa, el enfado, la tristeza o la alegría, no son otra cosa que sentimientos, es decir, experiencias que el cerebro produce basadas en la percepción consciente de los cambios fisiológicos que se están produciendo en el cuerpo emocionado.

## ***La interfase emoción-razón***

El cerebro racional radica principalmente en la **corteza prefrontal**, la parte más anterior del lóbulo frontal del cerebro, que alcanza su mayor desarrollo en la especie humana. Esta corteza, en conjunción con el resto del cerebro, es necesaria para la llamada **memoria de trabajo**, un tipo de memoria consciente y explícita implicada en el razonamiento, la resolución de problemas, la toma de decisiones y la planificación del futuro. La parte de la corteza prefrontal más específicamente implicada en el razonamiento es la **corteza prefrontal dorsolateral**, bien conectada con el resto del neocórtex y con otras áreas del cerebro como el hipocampo, implicado en la formación de la memoria; el tálamo, implicado en el procesamiento sensorial; o los ganglios

basales, relacionados con hábitos motores y cognitivos.

Otra región importante de la corteza prefrontal es la **corteza ventrolateral**, que incluye la **corteza orbitofrontal** y recibe información de la amígdala y de muchas regiones de la corteza cerebral y el tronco del encéfalo. A su vez, esa corteza envía información a la amígdala, a la corteza prefrontal dorsolateral y a otras muchas regiones del cerebro. Estas conexiones anatómicas convierten a las cortezas ventrolateral y orbitofrontal en una especie de puente o interfase funcional entre los cerebros emocional y racional y sus correspondientes procesos. De ese modo, la corteza ventromedial hace posible que las respuestas emocionales y los sentimientos que generan señalen enfática y vigorosamente en la mente el valor de las situaciones percibidas por el cerebro racional. Permite, por tanto, marcar o catalogar recompensas y castigos asociados a situaciones. El neurólogo Antonio Damasio se ha referido a ello como la **teoría de los marcadores somáticos**.

Cuanto más diáfano y consistente sea el marcaje o catalogación emocional de un estímulo o situación más claro tendrán los sujetos los comportamientos o respuestas frente a los mismos, algo especialmente importante sobre todo en situaciones conflictivas. Gracias a la corteza orbitofrontal somos igualmente capaces de anticipar emocionalmente las representaciones del valor positivo o negativo de las diferentes opciones que estemos considerando cuando afrontamos controversias o tomamos decisiones. O lo que es lo mismo, la corteza orbitofrontal permite llevar a nuestro razonamiento consciente el valor o significado de las ventajas e inconvenientes asociados a las diferentes opciones que consideremos, lo que nos ayuda a **tomar decisiones** acertadas o convenientes.

La corteza orbitofrontal ejerce un control inhibitorio sobre la amígdala, es decir, puede desactivarla o modificar su actividad, y es por tanto capaz de reducir la respuesta emocional negativa o incluso de originar una respuesta emocional diferente e incompatible con la que no deseamos. Eso mismo ocurre, como han mostrado algunos experimentos de neuroimágenes de resonancia magnética, cuando utilizando la razón conseguimos valorar de un modo diferente una situación que nos angustia. No obstante, la capacidad de **regulación emocional** depende mucho de cada sujeto, particularmente cuando se trata de atenuar las emociones negativas. Las personas que cuando están relajadas tienen mucha actividad en la corteza prefrontal reaccionan con poca fuerza en situaciones aversivas, lo que podría indicar que tienen una mayor capacidad para regular sus respuestas emocionales desde la razón. Igualmente, las personas que tienen tendencia a cavilar sobre las situaciones emocionales tienen también más capacidad para reevaluar las situaciones y modificar la respuesta de su amígdala.

Pero además, todo aquello que nos emociona queda registrado de un modo consistente en nuestra memoria. Un ejemplo común es el recuerdo de cómo y dónde recibimos la noticia del ataque terrorista a las torres gemelas de Nueva York. Mucha gente lo explica con detalle. Ello es posible porque, como vimos anteriormente, la reacción emocional que desencadena la impactante noticia activa los circuitos cerebrales implicados en la memoria haciendo que ésta se forme de un modo

consistente y duradero. Las hormonas liberadas a la sangre por las glándulas suprarrenales como parte de la misma reacción emocional contribuyen a ello, pues la adrenalina activando a la amígdala a través del nervio vago, y el cortisol activando directamente a la amígdala, hacen que esta última active a su vez al **hipocampo** y otros circuitos corticales críticamente implicados en la formación de la memoria. La emoción, pues, actúa también como un sistema energético que «calienta el horno donde se cuecen» y forman las memorias.

## ***El equilibrio emoción/razón***

En su editorial del número de septiembre de 2007, dedicado a las emociones, la revista *Nature Neuroscience* afirmaba: «La calidad de vida de un individuo depende de su capacidad para sentir las emociones de forma adecuada y para regularlas en respuesta a las circunstancias estresantes». Ciertamente, así es, pero, ¿en qué consiste sentir las emociones de forma adecuada? Mi opinión es que no consiste tanto en la represión o el control de las propias emociones como en el encaje o acoplamiento entre nuestras emociones y nuestro razonamiento, es decir, en el equilibrio entre ambos procesos mentales. Cuando ese equilibrio no existe porque dominan los sentimientos, el pensamiento racional puede convertirse en una voz de la conciencia que no nos deja vivir, como le ocurre al cónyuge infiel o a quien triunfa plagiando. Por el contrario, cuando domina la razón, los sentimientos pueden castigarnos del mismo o peor modo. Es el caso de quien elige la carrera profesional o la pareja sexual que supuestamente le conviene en lugar de la que verdaderamente le motiva. Se ha observado que en esas o semejantes circunstancias está particularmente activada la **corteza cingulada anterior**, una región del cerebro medial que, entre otras funciones, podría actuar como una especie de alarma del desequilibrio emoción/razón. En tales circunstancias no nos sentimos bien hasta que, reflexionando sobre el asunto que nos ocupa, logramos convencernos a nosotros mismos de que nuestro sentimiento es aceptable porque tiene una base racional. O hasta que, igualmente razonando sobre ello, generamos una nueva emoción ajustada a nuestra lógica que suplanta el sentimiento perturbador e indeseable.

Para conseguir el equilibrio emocional, que no es otra cosa que el equilibrio emoción/razón, utilizamos principalmente la razón porque sobre ella tenemos un control mucho más directo que sobre nuestras emociones. La organización funcional de nuestro cerebro permite que la capacidad de razonar esté en buena medida a nuestro alcance, mientras que, por razones evolutivamente prácticas, la emoción se nos impone, sin que podamos evitarla o controlarla con facilidad. La razón, en definitiva, sirve para gestionar convenientemente nuestras emociones, haciendo que las expresemos de forma adecuada y generando nuevos sentimientos que suplanten a los indeseables. En esa buena gestión consiste precisamente la llamada inteligencia emocional. Emoción y razón son, por tanto, procesos mucho más inseparables de lo que solemos creer. No

podemos convertirnos en seres que anulan o aparcen sus sentimientos. Solo la inmadurez cerebral o la enfermedad pueden originar seres o comportamientos puramente emotivos o puramente racionales y solo el equilibrio emoción-razón garantiza el bienestar de las personas.

## ***Referencias***

MORGADO BERNAL, I. (2011). *Emociones e inteligencia social: las claves para una alianza entre los sentimientos y la razón*. Barcelona: Ariel

## 2. Music moves us

Lenka Selinger, Carles Escera

*Lenka Selinger, doctoranda en Neurociencias en la Universidad de Barcelona (UB), se licenció en Psicología por la Universidad de Barcelona en 2010. Antes de empezar el doctorado en Biomedicina en 2011, realizó un máster en Neurociencias y fue contratada como profesora asociada de la UB. Actualmente está investigando cómo la emoción influye en procesos perceptivos y cognitivos y cuáles son las bases neuronales de la percepción rítmica, así como posibles contribuciones genéticas a esta capacidad. Ha presentado los resultados de sus estudios en numerosos congresos nacionales e internacionales.*

*Carles Escera és catedràtic de Neurociència Cognitiva a la Universitat de Barcelona, i dirigeix un grup de recerca amb aquest mateix nom i l'Institut de Recerca en Cervell, Cognició i Conducta de la UB. El seu àmbit de recerca és el dels mecanismes cerebrals que sustenten la percepció auditiva, entre ells els de la música, i com aquests interaccionen amb les funcions cognitives (atenció, emoció, llenguatge, etc.). Ha publicat més d'un centenar d'articles científics i ha impartit conferències en universitats de tot el món.*

The ability to create and enjoy music is a universal human trait present throughout all known cultures since prehistory. Music moves us. We sing it, we dance it, we play it and we follow its rhythm by tapping with our fingers, feet or bobbing our head. But even if we don't move at all, when listening to music, motor areas in the brain become active (Grahn & Brett, 2007). In fact, in many cultures, there is only one word to globally refer to music and movement (Nettl, 2000). Interestingly, humans might be the only species able to effortlessly relate to music, extracting rhythmical patterns and moving spontaneously according to them. But why do we have this ability to extract a rhythmic pattern? What is the use of such an ability? Even newborns show rhythmic movement with music (Trehub, 2001), you can see an example of 11 month old twins here (<http://youtu.be/to7uIG8KYhg>, retrieved May 2014). The case of music seems similar to that of language: we are born without knowing it, but with the capacity to learn it.

In order to interact with our environment, it is important to extract the structure of recurring patterns and make predictions about future events. An accurate perception of temporal patterns for example is critical for hearing, language perception, motor control

and music. The synchronization with music is of the most elaborate temporal coordination known in nature and it has been argued that the capacity of coordinating dynamic temporal patterns according to complex auditory stimuli has played an important role in the development of human communication (Merker, 2000).

Almost all musical rhythms are centered around a fundamental frequency, the beat. The beat is the rhythm we would tap with our feet (or hands, or head), while meter is the perception of the beats with varying strength, in patterns at subharmonics of the beat frequency. The beat may be defined as an endogenous periodicity that arises in response to a musical rhythm (Large & Snyder, 2009). According to the dynamic attending theory (Jones, 1976), and more specifically, the resonance theory for beat and meter perception (Large & Kolen, 1999; Large, 2008; van Noorden & Moelants, 1999), neuronal firing rhythms entrain to external rhythms as an optimal preparation for the perception of stimuli at the expected time of occurrence. This entrainment of neuronal oscillations to the musical rhythm would ultimately give rise to behavioral synchronization, such as dancing and playing music, but also the synchronization with other individuals (from military marches to lullabies).

More in general, coherent brain oscillations ([http://youtu.be/\\_vQk9isSSSc](http://youtu.be/_vQk9isSSSc); retrieved May 2014) have been shown to play a causal role in perception, cognition and action (Neuling, Rach, Wagner, Wolters, & Herrmann, 2012) as they represent a mechanism for the integration of sensory information, the consolidation and combination of learned information, attentional selection and motor coordination. Coherence of interindividual brain oscillations has been found in situations of cooperation, but not of competition, in the superior frontal cortex, an area implicated in the prediction of the actions of others (Cui, Bryant, & Reiss, 2012). Recently, intra and interbrain synchronization has been shown for guitar players when playing a duet (Sänger, Müller, & Lindenberger, 2012).

Another component of entrainment to music is the entrainment of affective states: music moves us emotionally. Music has been shown to activate a network related to emotion processing in the brain (see Koelsch 2014 for a recent review). The entrainment to music promotes an entrainment of affective states among individuals, supporting the formation of interpersonal bonds (Feldman, Weller, Zagoory-Sharon, & Levine, 2007) and a joint engagement in social cognition by understanding the composers' intention (Steinbeis & Koelsch, 2009). It has also been shown to favor co-pathy by favoring group cohesion and preventing conflicts (Huron, 2006). Furthermore there are important overlaps between the neural underpinnings subjacent to the perception and production of music and language (Koelsch, 2012; Patel, 2008), underlining the important role of communication by music. Musical performance by multiple players is only possible when cooperating, requiring the perception, representation and anticipation of action of the co-players (for example Pecenka & Keller, 2011).

In a nutshell, the dynamic entrainment of brain waves at different time scales corresponding to the perception of beat and meter seems to be at the base of rhythm perception. Listening to music or performing music collectively endorses the

synchronization of coordinated behavior and the entrainment of affective states among individuals, promoting the experience of pleasure, as well as an increased sympathy and empathy towards others. Finally, music can be a powerful tool to study sensory-motor coupling (Fuster, 2001; Rizzolatti & Luppino, 2001) and emotions (Sievers, Polansky, Casey, & Wheatley, 2013) and an intriguing therapeutic tool in autism spectrum disorders, as individuals with this kind of disorders are surprisingly competent in social cognition in the musical domain (Allen & Heaton, 2010; Caria, Venuti, & de Falco, 2011), a capacity that music therapy might help to transfer to non-musical social contexts. Moreover, music has been shown to sharpen auditory skills in general (<http://www.soc.northwestern.edu/brainvolts/slideshows/music/index.php>; retrieved May 2014; Kraus & Chandrasekaran, 2010; Parbery-Clark, Strait, Hittner, & Kraus, 2013; Wong, Skoe, Russo, Dees, & Kraus, 2007).

## References

- ALLEN, R., & HEATON, P. F. (2010, April 1). Autism, music, and the therapeutic potential of music in alexithymia. *Music Perception*. University of California Press.
- CARIA, A., VENUTI, P., & DE FALCO, S. (2011). Functional and dysfunctional brain circuits underlying emotional processing of music in autism spectrum disorders. *Cerebral Cortex*, *21*(12), 2838-49.
- CUI, X., BRYANT, D. M., & REISS, A. L. (2012). NIRS-based hyperscanning reveals increased interpersonal coherence in superior frontal cortex during cooperation. *NeuroImage*, *59*(3), 2430-7.
- FELDMAN, R., WELLER, A., ZAGOORY-SHARON, O., & LEVINE, A. (2007). Evidence for a neuroendocrinological foundation of human affiliation: plasma oxytocin levels across pregnancy and the postpartum period predict mother-infant bonding. *Psychological Science*, *18*(11), 965-70.
- FUSTER, J. M. (2001). The prefrontal cortex--an update: time is of the essence. *Neuron*, *30*(2), 319-33.
- GRAHN, J. a, & BRETT, M. (2007). Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *19*(5), 893-906.
- HURON, D. (2006). Is Music an Evolutionary Adaptation? *Annals of the New York Academy of Sciences*, *930*(1), 43-61.
- JONES, M. R. (1976). Time, our lost dimension: toward a new theory of perception, attention, and memory. *Psychological Review*, *83*(5), 323-55
- KOELSCH, S. (2012). *Brain and Music* (p. 322). Wiley-Blackwell.
- KRAUS, N., & CHANDRASEKARAN, B. (2010). Music training for the development of auditory skills. *Nature Reviews. Neuroscience*, *11*(8), 599-605.
- LARGE, E. (2008). Resonating to musical rhythm: Theory and experiment. *Simon Grondin, (Ed.) The Psychology of Time*. West Yorkshire: Emerald.
- & KOLEN, J. F. (1999). Resonance and the perception of musical meter. In N. Griffith and P. Todd (Eds.), *Musical Networks: Parallel Distributed Perception and Performance*, pp. 279-312. Cambridge, MA: MIT Press.
- & SNYDER, J. S. (2009). Pulse and meter as neural resonance. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1169*, 46-57.
- MERKER, B. (2000). Synchronous chorusing and human origins. In N. L. Wallin & B. Merker & S. Brown (Eds.), *The Origins of Music* (pp. 315-327). Cambridge, Mass.: The MIT Press.

- NETTL, B. (2000). An ethnomusicologist contemplates universals in musical sound and musical culture. In N. L. Wallin & B. Merker & S. Brown (Eds.), *The Origins of Music* (pp. 463-472). Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- NEULING, T., RACH, S., WAGNER, S., WOLTERS, C. H., & HERRMANN, C. S. (2012). Good vibrations: oscillatory phase shapes perception. *NeuroImage*, *63*(2), 771-8.
- PARBERRY-CLARK, A., STRAIT, D. L., HITTNER, E., & KRAUS, N. (2013). Musical training enhances neural processing of binaural sounds. *The Journal of Neuroscience*, *33*(42), 16741-7.
- PATEL, A. D. (2008). *Music, Language, and the Brain*. Oxford University Press.
- PECENKA, N., & KELLER, P. E. (2011). The role of temporal prediction abilities in interpersonal sensorimotor synchronization. *Experimental Brain Research*, *211*(3-4), 505-15.
- RIZZOLATTI, G., & LUPPINO, G. (2001). The cortical motor system. *Neuron*, *31*(6), 889-901.
- SÄNGER, J., MÜLLER, V., & LINDENBERGER, U. (2012). Intra- and interbrain synchronization and network properties when playing guitar in duets. *Frontiers in Human Neuroscience*, *6*.
- SIEVERS, B., POLANSKY, L., CASEY, M., & WHEATLEY, T. (2013). Music and movement share a dynamic structure that supports universal expressions of emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *110*(1), 70-5.
- STEINBEIS, N., & KOELSCH, S. (2009). Understanding the intentions behind man-made products elicits neural activity in areas dedicated to mental state attribution. *Cerebral Cortex*, *19*(3), 619-23.
- TREHUB, S. E. (2001). Musical predispositions in infancy. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *930*, 1-16.
- VAN NOORDEN, L., & MOELANTS, D. (1999). Resonance in the Perception of Musical Pulse. *Journal of New Music Research*, *28*(1), 43-66.
- WONG, P. C. M., SKOE, E., RUSSO, N. M., DEES, T., & KRAUS, N. (2007). Musical experience shapes human brainstem encoding of linguistic pitch patterns. *Nature Neuroscience*, *10*(4), 420-2.

### **3. Rivalidad binocular y emoción**

María Hernández-Lorca, Grupo de investigación Cerebro, Afecto y Cognición (CEACO)

*María Hernández-Lorca (UAM), Dominique Kessel (UAM), María J. García-Rubio (UAM), Sandra Hoyos (UAM), Sara López-Martín (UAM), Almudena Capilla (UAM), Jacobo Albert (UCM), Manuel Tapia (UAM), Francisco Mercado (URJC), José Antonio Hinojosa (UCM) y Luis Carretié (UAM) forman el grupo de investigación Cerebro, Afecto y Cognición (CEACO) con un largo recorrido en investigación en el campo de la Neurociencia Afectiva. En la actualidad, las líneas de investigación del grupo incluyen: interacción entre atención y emoción, sesgos atencionales en la ansiedad, interacción entre memoria y emoción, disfunciones emocionales en el Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH) y la interacción entre los procesos lingüísticos y la emoción.*

#### ***Definición y descripción del fenómeno***

Las emociones tienen un fuerte impacto en nuestra cognición. En el caso concreto de la atención, proceso cognitivo que permite focalizar nuestros recursos de procesamiento (que son limitados) en la información relevante apartándolos de la no relevante, los estímulos emocionales son procesados de manera preferente y automática incluso cuando son irrelevantes para la tarea en curso (Carretié, en prensa). Este procesamiento preferente se explica en términos evolutivos: dirigir los recursos atencionales de manera automática y eficiente hacia una amenaza potencial facilita una respuesta adecuada que asegure la supervivencia del individuo.

En la mayoría de los estudios llevados a cabo para estudiar la relación entre atención y emoción, se presentan estímulos distractores emocionales (p. ej., caras emocionales) de forma simultánea a la tarea que se le pide al participante realizar (p. ej., categorizar cifras como pares o impares). Recientemente, se ha comenzado a utilizar el paradigma de la rivalidad binocular (RB) para abordar el estudio de las interacciones entre atención y emoción. Este fenómeno aparece cuando se presentan dos imágenes diferentes, una por cada ojo, que compiten por alcanzar la visión consciente. Típicamente, la experiencia del sujeto que participa en un experimento de RB es la de percibir (conscientemente) solamente una de las dos imágenes y, si la rivalidad se sostiene en el tiempo, las imágenes fluctúan en la visión consciente de tal manera que las imágenes de cada ojo se perciben de forma alternante (ver Figura 1).

## ***Principales datos a nivel conductual***

Dados los antecedentes encontrados en el procesamiento preferente de estímulos afectivos, diversos investigadores han trabajado con la siguiente hipótesis: si en un paradigma de RB se emparejan dos imágenes, una emocional y otra neutra, la imagen emocional tendrá una preferencia en el procesamiento de tal manera que *a)* será la primera imagen que el sujeto vea conscientemente, y *b)* será la imagen que más tiempo haya sido percibida cuando se sume el tiempo total de permanencia en conciencia de ambas imágenes. Los hallazgos de estos investigadores han confirmado esta hipótesis y han hallado una preferencia visual de la imagen emocional sobre la neutra en uno o ambos supuestos. Este ha sido el caso al presentar fotografías de caras emocionales emparejadas (una por cada ojo) con fotografías de caras neutras (Bannerman, Milders, De Gelder y Arash, 2008; Alpers y Gerdes, 2007), parejas de caras esquemáticas emocionales con caras esquemáticas neutras (Alpers y Gerdes, 2007), parejas de rejillas, una de las cuales había sido condicionada al miedo y por lo tanto había adquirido una valencia negativa (Alpers, Ruhleder, Walz, Mühlberger y Pauli, 2005), parejas de caras neutras o emocionales con casas (Ritchie, Bannerman y Sahraie, 2012) y al presentar parejas de escenas emocionales no faciales, una de ellas neutra y otra emocional (Alpers y Pauli, 2006). También se ha encontrado un efecto del estado afectivo en el que se encuentra el individuo a la hora de percibir las imágenes en una tarea con RB, sobre todo si este es negativo. Anderson, Siegel y Barret (2011) indujeron a los participantes un estado afectivo positivo, negativo o neutro, y a continuación participaron en una tarea de RB con parejas de imágenes que contenían una cara (sonriente, con el ceño fruncido o neutra) y una casa. Los participantes a los que se les había inducido un estado emocional negativo percibieron las caras en mayor grado que el resto de participantes, especialmente las caras con el ceño fruncido.

Los datos sobre RB obtenidos con población clínica han permitido concretar las diferencias en los sesgos hacia la amenaza que muestran personas con dos trastornos de ansiedad distintos. Singer, Eapen, Grillon, Ungerleider y Hender (2012) emparejaron fotos de caras neutras o caras de miedo presentadas por un ojo con casas presentadas por el otro, y se las mostraron a personas con fobia social, personas con crisis de angustia y personas sin ningún trastorno de ansiedad (grupo control). Estos autores encontraron que ambos grupos de personas con trastorno de ansiedad percibían la cara emocional en primer lugar en mayor medida que el grupo control, aunque acumulaban menos tiempo percibiéndola. Sin embargo, en este último sentido encontraron diferencias entre los dos grupos clínicos: los pacientes con fobia social acumulaban más tiempo percibiendo las caras neutras cuanto mayor era el nivel de ansiedad-estado; mientras que los pacientes con crisis de angustia acumulaban menos tiempo viendo las caras emocionales cuanto mayor era su ansiedad-rasgo.

## ***Principales datos a nivel cerebral***

El fenómeno RB también se ha explorado al mismo tiempo que se registraba actividad cerebral. Conocer lo que pasa en el cerebro cuando se experimenta este fenómeno resulta interesante por diversas razones, entre las que destacaríamos dos. En primer lugar, localizar el lugar en el cerebro donde se define qué imagen se percibe conscientemente puede dar pistas sobre las bases neurales de la visión consciente; y, en segundo lugar, y centrándonos en la relación entre RB y emoción, nos puede permitir ampliar el conocimiento sobre las bases cerebrales del procesamiento visual de los estímulos afectivos.

Sobre el primer punto todavía no hay datos definitivos. Los estudios de electroencefalografía (EEG) han mostrado patrones de actividad en la corteza visual que correlacionan en tiempo y espacio con la imagen que el sujeto percibe conscientemente (Brown y Norcia, 1997; Sandberg, Bahrami, Kanai, Barnes, Overgaard y Rees, 2013). Por su parte, los estudios de resonancia magnética funcional (RMf) y RB han identificado áreas frontoparietales que responden cuando una imagen es dominante sobre la otra (Lumer, Friston y Rees, 1998), y han mostrado una activación selectiva del giro fusiforme (concretamente, del área fusiforme implicada en el procesamiento de caras) o de una región del área parahipocampal (concretamente, del área relacionada con el procesamiento de localizaciones) según los participantes informan que perciben una cara o una casa, respectivamente (Tong, Nakayama, Vaughan y Kanwisher, 1998).

Sobre el segundo punto (ampliar el conocimiento sobre las bases cerebrales del procesamiento visual de los estímulos afectivos), Alpers *et al.* (2005) registraron la actividad EEG mientras pasaban una tarea de RB emocional, con resultados de actividad cerebral similares a los anteriores descritos con tareas RB sin emoción. Estudios con RMf han encontrado un incremento de la actividad de la amígdala (estructura cerebral subcortical situada en el lóbulo temporal de gran importancia para procesar estímulos emocionales y desencadenar respuestas de miedo y ansiedad) en los ensayos en los que se presentaba la imagen de una cara con valencia emocional negativa, incluso cuando la imagen negativa no era consciente para los participantes (Williams, Morris, McGlone, Abbott y Mattingley, 2004; Pasley, Mayes y Schultz, 2004). En otro estudio con esta metodología, encontraron resultados similares, y mostraron además una actividad de la amígdala diferente según si las caras emocionales eran consciente o inconscientemente percibidas. Mientras la parte dorsal respondía preferentemente cuando la cara emocional era percibida, cuando no lo era la parte ventral mostraba mayor actividad (Lerner, Singer, Gonen, Weintraub, Cohen, Rubin, Ungerleider y Hendler, 2012).

## ***Conclusiones***

La RB se presenta como un paradigma experimental singular para la investigación en el campo de la conciencia, la atención, sus bases neurales y la relación de estas con el afecto. Este paradigma nos permite explorar estos procesos con la posibilidad de combinar en un mismo ensayo condiciones conscientes e inconscientes, y a partir de

ahí abre un abanico de posibilidades para combinar distintos tipos de estimulación. Al mismo tiempo, podemos explorar la actividad cerebral que subyace al fenómeno de la RB y de los procesos cognitivos y afectivos que la regulan.

Los hallazgos hasta ahora obtenidos en estudios de RB y registro de actividad cerebral a través de EEG y RMf señalan localizaciones aisladas cuya integración está aún pendiente. A este respecto, Kobayashi, Akamatsu y Natsukawa (2013) subrayan la necesidad de utilizar métodos que integren ambas técnicas de registro de actividad cerebral y hacer un análisis exhaustivo del funcionamiento de múltiples áreas corticales.

Si bien existen muchos estudios que ya han mostrado resultados coherentes con los encontrados con otros paradigmas y con otras metodologías, y no excluyentes entre sí, todavía queda trabajo pendiente, sobre todo a la hora de concretar e integrar las bases neurales del procesamiento consciente y su relación con la emoción.

## Figuras

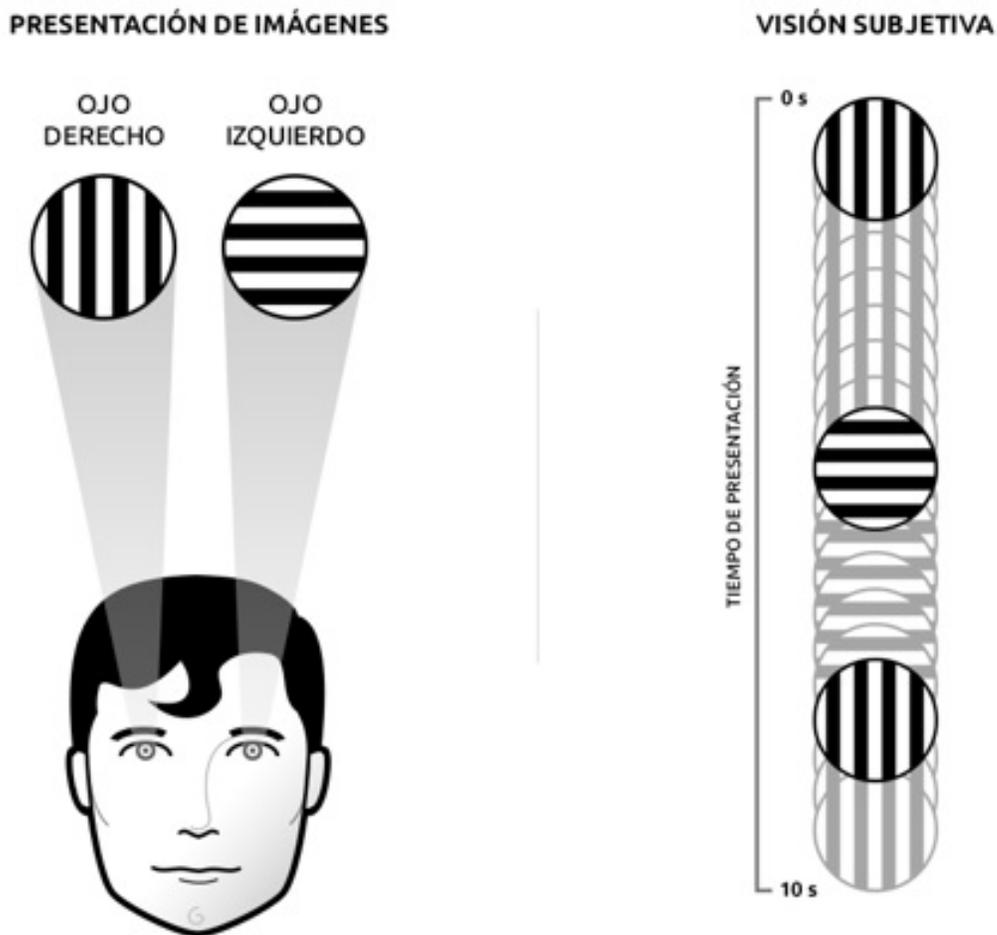


Figura 1. Ejemplo de rivalidad binocular con rejillas. Dos imágenes diferentes se presentan una por cada ojo durante 10 segundos. Subjetivamente tiende a percibirse únicamente una de las dos imágenes, aunque de forma alternante.

<http://www.psy.vanderbilt.edu/faculty/blake/rivalry/BR.html>

## ***Referencias***

- ALPERS, G.W. & PAULI, P. (2006). Emotional Pictures predominate in Binocular Rivalry. *Cognition and Emotion*, 20 (5), 596-607.
- , RUHLEDER, M., WALZ, N., MÜHLBERGER & PAULI, P. (2005). Binocular Rivalry between emotional and neutral stimuli: A validation using fear conditioning and EEG. *International Journal of Psychophysiology*, 57, 25-32.
- & GERDES, A.B. (2007). Here is looking at you: Emotional faces predominate in binocular rivalry. *Emotion*, vol. 7, n.º 3, 495-506.
- ANDERSON, E., SIEGEL, E.H., FELDMAN BARRET, L. (2011). What you feel influences what you see: The role of affective feelings in resolving binocular rivalry. *Journal of Experimental Social Psychology*, 47, 856-860.
- BANNERMAN, R.L., MILDERS, M., DE GELDER, B. & SAHRAIE, A. (2008). INFLUENCE OF EMOTIONAL FACIAL EXPRESSIONS ON BINOCULAR RIVALRY. *OPHTHALMIC AND PHYSIOLOGICAL OPTICS*, 28; 317-326.
- BROWN, R. J. & NORCIA, A. M. (1997). A method for investigating binocular rivalry in real-time with the steady-state VEP. *Vision Research*, 37, 2401-2408.
- CARRETIÉ, L. (en prensa). Exogenous (automatic) attention to emotional stimuli. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*.
- KOBAYASHI, T., AKAMATSU, K., & NATSUKAWA, H. (2013). Cortical neural activities associated with binocular rivalry: An EEG-fMRI integrative study. Conference Proceedings: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Conference, 2013, 5414-5417.
- LERNER, Y., SINGER, N., GONEN, T., WEINTRAUB, Y., COHEN, O., RUBIN, N., ... & HENDLER, T. (2012). Feeling without seeing? Engagement of ventral, but not dorsal, amygdala during unaware exposure to emotional faces. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(3), 531-542.
- LUMER, E. D., FRISTON, K. J., & REES, G. (1998). Neural correlates of perceptual rivalry in the human brain. *Science*, 280 (5371), 1930-1934.
- PASLEY, B. N., MAYES, L. C., & SCHULTZ, R. T. (2004). Subcortical discrimination of unperceived objects during binocular rivalry. *Neuron*, 42 (1), 163-172.
- RITCHIE, K. L., BANNERMAN, R. L., & SAHRAIE, A. (2012). The effect of fear in the periphery in binocular rivalry. *Perception-London*, 40 (12), 1395.
- SANDBERG, K., BAHRAMI, B., KANAI, R., BARNES, G. R., OVERGAARD, M., & REES, G. (2013). Early visual responses predict conscious face perception within and between subjects during binocular rivalry. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 25(6), 969-985.
- SINGER, N., EAPEN, M., GRILLON, C., UNGERLEIDER, L. G., & HENDLER, T. (2012). Through the eyes of anxiety: Dissecting threat bias via emotional-binocular rivalry. *Emotion*, 12 (5), 960.
- TONG, F., NAKAYAMA, K., VAUGHAN, J. T., & KANWISHER, N. (1998). Binocular rivalry and visual awareness in human extrastriate cortex. *Neuron*, 21(4), 753-759.
- WILLIAMS, M.A., MORRIS, A.P., MCGLONE, F., ABBOTT, D.F. & MATTINGLEY J.B. (2004) Amygdala Responses to Fearful and Happy Facial Expressions under Conditions of Binocular Suppression. *The Journal of Neuroscience*,



## 4. Psicopatía, neuropsicología y desarrollo moral

Dr. Àngel Cuquerella Fuentes

*El Dr. Àngel Cuquerella Fuentes es médico forense titular. Trabaja desde hace 21 años en el Instituto de Medicina Legal de Cataluña (IMLC), actualmente en la Ciutat de la Justicia de Barcelona y L'Hospitalet. Especializado en psicología forense (COPC). Dentro de la IMLC evalúa mayoritariamente casos de imputabilidad (penal) y capacidad (civil). Actualmente coordina una beca que el Centro de Estudios Jurídicos y Formación Especializada (CEJFE, Departamento de Justicia) ha concedido (2014) sobre «Predicción de riesgo de violencia en personalidades violentas». En el ámbito privado ha creado, junto con un grupo de psicólogos forenses, una Asociación para el Estudio y Tratamiento de las Personalidades Violentas (CANVIEM). Desde hace 15 años se dedica al estudio, docencia y diagnóstico de trastornos de personalidad en general y de los perfiles psicopáticos en particular. Es autor de muchos artículos y trabajos publicados en revistas y libros nacionales e internacionales, así como ponente en diversas comunicaciones.*

El término «psicopatía» suscita *per se* tópicos, reacciones y prejuicios en la población, específicamente en lo referido a su relación con la violencia y criminalidad. Su potencial relación con graves delitos, crímenes en serie o elevada capacidad intelectual, entre otros, son tópicos frecuentes que es necesario precisar, junto con algunas bases neurobiológicas, y sus posibles repercusiones legales.

Psicopatía y trastorno antisocial de la personalidad (TAP) son entidades análogas pero no idénticas (Torrubia & Cuquerella, 2003). El TAP viene definido en el manual de enfermedades mentales *DSM-V* como un patrón general de conducta que incluye desprecio y violación de los derechos de los demás, fracaso en la adaptación a las normas, deshonestidad, impulsividad, agresividad, irresponsabilidad, imprudencia y ausencia de remordimientos, y alcanza hasta un 65 % de la población penitenciaria. Conocidos delincuentes como Juan José Moreno Cuenca («El Vaquilla») o Miguel Ricart («Alcàsser») responderían a dicho perfil. El perfil psicopático, en cambio, supone un 1 % de la población general y se define por facetas como la interpersonal, afectiva, de estilo impulsivo/irresponsable y finalmente, la faceta antisocial (Harpur *et al.*, 1988; Hare *et al.*, 1990; Frick, 1995), correspondiendo a dicho perfil personajes tan dispares como Churchill, Picasso, Idi Amin Dada, Stalin o Madoff, entre otros.

Es un trastorno del desarrollo (Dolan, 2004; Blair, 2006, 2008; Gao *et al.*, 2009) que en la etapa adulta asocia agresividad impulsiva (Brower & Price, 2001) y sobre todo

instrumental (Anderson & Bushman, 2002) y que implica una alteración emocional y atencional (Blair & Mitchell, 2009) con conductas antisociales frecuentes y más recidivantes, versátiles y violentas que en la población delictiva habitual. Su diagnóstico es clínico, evaluado mediante la entrevista semiestructurada (Psychopathy Checklist-Revised [PCL-R]; Hare, 2003) junto con información complementaria, ambas necesarias para puntuar conjuntamente los 20 ítems de la PCL-R. Así, la suma total de los ítems debería ser igual o superior a 30 en nuestro medio cultural para considerar dicho constructo como significativo. Existen modelos bi, tri y tetrafactoriales (Neumann, Hare & Newman, 2007) para explicar dicho constructo (Kholer & Heizen, 2008) o incluso el denominado modelo triárquico (Patrick, Fowles & Krueger, 2009).

Desde un punto de vista criminal, el perfil psicopático supone, pues, un grave riesgo para el entorno del predador (DeLisi, 2009), especialmente por su encanto superficial, el perfil narcisista y manipulador, la capacidad de sometimiento y parasitación, la ausencia de empatía, remordimiento y la nula asunción de responsabilidades (delictivas, personales), junto con la impulsividad y su elevada intolerancia a la frustración, entre otros. Es una anomalía de personalidad que implica *a*) trastornos de la conducta infantojuvenil, especialmente asociados a actividades transgresoras y delictivas, *b*) elementos estructurales de la personalidad (emocionales, cognitivos, interpersonales) y *c*) un mal pronóstico vital por la incapacidad de aprendizaje con base en la experiencia, la necesidad de recompensa inmediata y la difícil dilación de la satisfacción de los impulsos. Tiene implicación, por tanto, en ámbitos como el familiar, escolar, relacional o delictivo. Factores biosociales (Raine, 2002), trastornos de temperamento y disposición fisiológica (Glenn, Raine, Venables & Mednick, 2009) o el déficit atencional hiperactivo (Colledge & Blair, 2001) aumentan la vulnerabilidad infantojuvenil en la expresión ambiental de rasgos psicopáticos mediante la impulsividad.

Desde un punto de vista penal-judicial, el perfil psicopático *per se* no asocia atenuantes o eximentes de la responsabilidad penal, si bien cuando es comórbido o acompaña a trastornos por dependencia (cocaína, alcohol, estimulantes), impulsividad patológica o posible deterioro cognitivo (patología dual, psicosis breves) sí puede ser objeto de atenuación. Define a personas que «saben y conocen perfectamente la diferencia entre aquello lícito y aquello ilícito», pero eligen según sus necesidades e instinto, no con base en su madurez ni en aspectos prosociales (altruismo, carácter asociativo y gregario) o de identidad grupal. No entienden la repercusión emocional de sus acciones, siendo más o menos capaces (psicópatas «exitosos» o «no exitosos», respectivamente) de ocultar sus intenciones reales, y de difícil control y contención social en consecuencia.

Centrándonos específicamente en el substrato neuropsicológico del perfil psicopático, debemos hacer previamente algunas consideraciones. Entendemos el papel de los lóbulos frontales como la organización neuronal y física de la adaptación social y evolutiva del ser humano, de tal manera que desde un cerebro instintivo o *archipallio*, pasando por un cerebro emocional o límbico (*paleopallio*), hasta el desarrollo del córtex cerebral o *neopallio*, surgen unas estructuras socializadoras. Los lóbulos frontales serán

los encargados de planificar y racionalizar impulsos, conductas y afectos, surgidos de nuestro pasado «reptiliano» (agresividad territorial, sexual, alimentaria) y emocional (sistemas límbico y paralímbico).

El encaje entre «razón» y «emoción» preocupa desde antaño, siendo Damasio quien, en su famoso libro *El error de Descartes*, ya postula las bases neurobiológicas que integran la pretérita y superada «dualidad» cartesiana. El equilibrio, pues, entre instinto, afecto y razón está orquestado (Gazzaniga) por una superestructura (funcional y psicodinámicamente, un «superego») denominado lóbulo frontal, que ha adaptado al entorno evolutivo aspectos ancestrales y no racionales de nuestra conducta y emociones. Estas, precisamente, se ubican en estructuras como la amígdala cerebral, relacionada con la memoria emocional (hipocampo), circuitos neuronales primarios asociados a los *inputs* somáticos de las emociones (tálamo, tronco cerebral) y a las conductas de aproximación, inhibición o huida (núcleo *accumbens, striatum*). Existen otras estructuras que integran lo emocional y lo racional, y que funcionan como «estaciones transformadoras», integrando con éxito o no (Müller *et al.*, 2008) ambos aspectos de la personalidad, como el córtex cingulado, el córtex prefrontal orbitofrontal, ventromedial o dorsolateral, y haces de sustancia blanca como el fascículo uncinado.

El lóbulo frontal integra también funciones ejecutivas que pueden evaluarse neuropsicológicamente (Flores *et al.*, 2008), y cuya disfunción incluye el perfil psicopático en mayor o menor grado (Pineda, 2000). Asocia también estructuras y vías conectoras ligadas al desarrollo moral-ético (Marazziti *et al.*, 2013), que actúan como substrato receptor en el sujeto, la mente y su lenguaje interno, aspectos metacognitivos (trascendentales, filosóficos, existenciales) y del entorno adaptativo. Si bien existe una relación probada entre los abusos infantiles y la génesis de la violencia adulta (Perri, 2002; Reif *et al.*, 2007), a partir de los 8 años de edad la maduración neuronal del córtex prefrontal, mediante la denominada sinaptogénesis (Tranel & de Haan, 2007), permite al infante protegerse parcialmente ante el medio. El daño a estructuras orbitoventromediales corticofrontales, después de dicha maduración neuronal, sí aumenta la probabilidad de violencia impulsiva (Brower & Price, 2001) pero no altera el desarrollo ético (normativo) ya conseguido. El déficit frontal en la supervisión de los centros emocionales subcorticales (amígdala, hipocampo, ganglios basales) en la planificación y en el desarrollo moral, aumenta la incidencia de agresividad impulsiva (Fumagalli & Priori, 2006), especialmente si el córtex cingulado disfuncional no articula adecuadamente la conexión entre emoción y razón, entre cerebro emocional y cerebro racional. Los psicópatas denominados «exitosos» poseen indemnidad de funciones ejecutivas y mayor memoria de trabajo que los «no exitosos» (Pement, 2012). Otra «variante» de la psicopatía, denominada «pseudopsicopatía», asociada a trastornos conductuales y cognitivos postraumáticos, sería también secundaria a daño en el córtex prefrontal orbitofrontal (Weber *et al.*, 2008).

La psicopatía puede mostrar también conductas denominadas «externalizantes», definidas por una excesiva búsqueda de recompensa, intensa hostilidad y agresividad reactiva, y un pobre control de los impulsos (Baskin-Sommers & Newman, 2013). Podríamos hablar también de «psicopatía femenina», más internalizante y

somatizadora, proyectada a ámbitos cercanos y de relación, asociada a ansiedad y emocionalidad negativa (Wynn, Høiseth & Pettersen, 2012).

La disfunción emocional es un elemento nuclear en la comprensión del perfil psicopático. Hipótesis surgidas desde la Teoría de la Mente, las neuronas espejo (Rizzolatti, 2004) o la no inhibición de la agresión (Blair, 1995, 2005) incluyen la ausencia de empatía, falta de remordimiento y ausencia de culpa ante sus acciones. Desde una perspectiva puramente filogenética, algunos autores (Krupp *et al.*, 2013) explican el comportamiento seductor, manipulador, violento y asociado a la recompensa inmediata como un estilo de supervivencia y de dominación a corto plazo, intraespecie, en mamíferos (Cheng *et al.*, 2013) cuyos objetivos serían eliminar contrincantes, buscar hembras por placer, venganza o nepotismo (Krupp *et al.*, 2012) y para la transmisión genética de su poderío físico, determinante por instintos primarios (McHoskey, 1995; Knight-Jadczyk, 2008). Desde un punto estrictamente de desarrollo moral, incluiríamos la psicopatía dentro de la denominada anomía (Villegas, 2008) en la que el sujeto se gobierna por el instinto y la necesidad, inmediata, desde un posicionamiento egocéntrico y carente de actitudes prosociales o normativas interiorizadas (gracias a la sinaptogénesis frontal). La disfunción prefrontal y del sistema (para)límbico impediría la autoconciencia, y asociaría déficits en funciones ejecutivas, un pobre condicionamiento al miedo y una baja empatía (Pement, 2012).

Moralidad, madurez psicológica y responsabilidad legal son términos relacionados, pero no sinónimos. Así, y en relación con la responsabilidad legal o imputabilidad del perfil psicopático, diversos autores postulan de acuerdo con los errores en la toma de decisiones, con su baja ansiedad-rasgo y con la ausencia de culpa, la posibilidad de una alteración en dicha imputabilidad. La amoralidad, la ausencia de efectos punitivos en su estructura de personalidad o la reducción de su riesgo de violencia futura mediante la encarcelación prolongada, en ausencia de tratamientos eficaces, sugieren una potencial agravación de la normal capacidad (responsabilidad) para entender los actos y elegir en un sentido determinado, por un lado. Pero la incapacidad para evitar situaciones aversivas ante determinantes situacionales, por el otro, podría disminuirla (la responsabilidad) (Halwani & Krupp, 2004). Son bien conocidos los llamados dilemas morales (Greene *et al.*, 2001), cuyo resultado éticamente correcto depende de la indemnidad de diversas estructuras, entre ellas el córtex ventromedial o el córtex dorsolateral (Redding, 2006). El llamado síndrome dorsolateral (o déficit de dicha región prefrontal) implicaría además, sintomatología pseudodepresiva y síntomas disejecutivos (Pineda, 2000); el síndrome orbitofrontal se asociaría a la ya mencionada «pseudopsicopatía», y la disfunción cortical prefrontal ventromedial y cingulada, a síntomas y signos apáticos e hipocinéticos (Navas & Muñoz, 2003).

Impulsividad, premeditación, psicopatía, neurobiología y responsabilidad legal se unen, pues, en un «cóctel de riesgo» al que las autoridades y académicos de dichas ciencias deben responder. La neurobiología explica en función del contexto, personalidad previa, desencadenantes o neuromoduladores (serotonina, dopamina, nor/epinefrina, acetilcolina, glutamato, GABA), por ejemplo, la agresión reactiva (impulsiva) o instrumental (premeditada) que el perfil psicopático muestra

conductualmente (Siever, 2008). La combinación de procesos de razonamiento social, funciones ejecutivas y resolución de dilemas morales implica estructuras como el córtex prefrontal orbitofrontal en el primer y tercer caso (ética social y dilemas morales), y el córtex prefrontal ventromedial, el propio córtex orbitofrontal y la amígdala en el segundo caso (decisiones ejecutivas), concluyendo en nuestro caso el papel *princeps* del córtex orbitofrontal en el desarrollo moral, y de la amígdala en el procesamiento de emociones básicas y expresividad facial (Adolphs, 2003; Jochem, 2011). El llamado «daño cerebral frontal» puede evaluarse mediante pruebas como el Wisconsin Card Sorting Test (WCST), Trail Making Test (TMT), Stroop Interference Test, Iowa Gambling Test (IGT) o cualesquiera batería de funciones ejecutivas, atencionales, de sensibilidad a la recompensa y/o al castigo o pruebas funcionales cerebrales, para objetivar el grado de disfunción y/o alteración estructural de las diferentes áreas cerebrales para evaluar la denominada *Legal insanity* en términos anglosajones (Redding, 2006).

En relación, pues, con el perfil psicopático, en el ámbito anglosajón se distingue entre *desorden* y *enfermedad* mental, incluyendo claramente el perfil psicopático en la primera categoría (Mei-Tal, 2005). En segundo lugar, la legislación psiquiátrica obliga a evaluar la posible peligrosidad, valorando su inclusión o no en los denominados Dangerous and Severe Personality Disorders (DSPD), lo que implica potencialmente peor pronóstico legal y psiquiátrico y la necesaria evaluación mediante instrumentos actuariales de predicción de riesgo (Douglas & Skeem, 2005) y orientación terapéutica hacia la focalización en evitación y autocontrol, más que en habilidades sociales u orientaciones empáticas (Gullhaugen & Nøttestad, 2012).

Finalmente, en cuanto al tratamiento de la psicopatía, existe un rango amplio de resultados según los estudios valorados (Rodrigo *et al.*, 2010). Surgen nuevos enfoques más eficientes cuya implementación requiere un elevado grado de pericia (Wong, 2011) o bien una aplicación aún experimental, como la terapia dialéctico-conductual (McCann, Ball & Ivanoff, 2000; Galietta & Rosenfeld, 2012), ya empleada en el trastorno límite de la personalidad, o el empleo de escalas de riesgo de reincidencia delictiva para precisar el tipo de tratamiento (Skeem, Monahan & Mulvey, 2002; Seto & Quinsley, 2005; Logan & Hare 2009; Wong 2009). Existe una relación entre el grado de incumplimiento del tratamiento y la recidiva ulterior (Olver & Wong, 2009) e incluso un aumento de las recidivas postratamiento (Rice, Harris & Cormier, 1992), aspecto por el que algunos autores han planteado la inexistencia de un tratamiento «real» ante estructuras de personalidad «predadoras» y adaptadas al medio (Harris & Rice, 2006). Lejos de asociar neuroimagen y posibles atenuantes o eximentes de responsabilidad legal (Morse, 2008; Glenn & Raine, 2009; Aharoni, Sinnott-Armstrong & Kiehl, 2012), debemos estudiar cada caso concreto de forma multidisciplinaria, planteando incluso la posible incapacitación legal o la aplicación de medidas de seguridad en hospitales psiquiátricos.

# Referencias

- ADOLPHS, R. (2003). Cognitive neuroscience of human social behaviour. *Nature (reviews)* 4, 165-178.
- AHARONI, E., SINNOTT-ARMSTRONG, W., KIEHL, KA. Can psychopathic offenders discern moral wrongs? A new look at the moral/conventional distinction. *Journal of Abnormal Psychology* 121 (2), 484.
- ANDERSON, C., BUSHMAN, B. (2002). Human aggression. *Annual Reviews Psychology*, 53, 27-51.
- BASKIN-SOMMERS, A., NEWMAN, J. (2013). Differentiating the cognition-emotion interactions that characterize psychopathy versus externalizing disorders. En: *Handbook of Cognition and Emotion*, 501-520.
- BLAIR, J., MITCHELL, D., BLAIR, K. The psychopath: Emotion and the brain.
- BLAIR, RJR. (2005). Applying a cognitive neuroscience perspective to the disorder of psychopathy. *Development and Psychopathology*, 17, 865-891.
- , MITCHELL, GV. (2008). Psychopathy, attention and emotion. *Psychological Medicine*, 39, 543-555.
- BROWER, MC., PRICE, BH. (2001). Neuropsychiatry of frontal lobe dysfunction in violent and criminal behavior: a critical review. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2001; 71:720-726; doi: 10.1136/jnnp.71.6.720.
- CHENG, JT., TRACY, J., FOULSHAM, T., KINGSTONE, A., HENRICH, J. (2013). Two ways to the top: Evidence that dominance and prestige are distinct yet viable avenues to social rank and influence. *Journal of Personality and Social Psychology*, 104(1), 103-125.
- DELISI, M. (2012). Psychopathy is the unified theory of crime. *Youth Violence and Juvenile Justice*, 7, 256-273.
- DOLAN, M. (2004). Psychopathic personality in young people. *Advances in Psychiatric Treatment*, 10: 466-473.
- DOUGLAS, K., SKEEM, J. (2005). Violence risk assessment. Getting specific about being dynamic. *Psychology, Public Policy and Law*, 11(3), 347-383.
- FLORES LÁZARO, JC., OSTROSKY-SOLÍS, F., LOZANO, A. (2008). Batería de funciones frontales y ejecutivas. *Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias (presentación)*, 8 (1), 141-158.
- FUMAGALLI, M., PRIORI, A. (2006). Functional and clinical neuroanatomy of morality. *Brain*, 135, 2006-2021.
- GAO, Y., GLENN, A., SCHUG, R., YANG, Y., RAINE, A. (2009). The neurobiology of psychopathy: A neurodevelopmental perspective. *Canadian Journal of Psychiatry*, 54(12), 813-823.
- GLENN, A., RAINE, A., VENABLES, P., MEDNICK, A. (2009). Early temperamental and psychophysiological precursors of adult psychopathic personality. *Personality Disorders: Theory, Research and Treatment*, S (1), 46-60.
- GULLHAUGEN, A., NØTTESTAD, J. (2012). Testing theoretical models for future clinical practice in the treatment of psychopathy. *The Journal of Forensic Psychiatry & Psychology*, 23 (5-6), 635-653.
- HALWANI, S., KRUPP, DB. (2004). The genetic defence: the impact of genetics on the concept of criminal responsibility. *Health and Law Journal*, 12, 35-70.
- HARPUR, T., HAKSTIAN, J., HARE, RD. (1988). Factor structure of the Psychopathy Checklist. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 56(5), 741-747.
- HARRIS, GT., RICE, ME. (2006). Treatment of psychopathy. A review of empirical findings. En: Patrick, Christopher J. (Ed): *Handbook of psychopathy*, 555-572. Nueva York: Guilford Press.
- JOCHEM, C. (2011). Neural correlates of moral decision-making in psychopaths. An fMRI Study. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin an der Medizinischen Fakultät Regensburg.
- KRUPP, DB., SEWALL, L., LALUMIÈRE, M., SHERIFF, Cr., HARRIS, G. (2012). Nepotistic patterns of violent psychopathy: evidence for adaptation? *Frontiers in Psychology* (original research article), 3(305), 1-8.
- , SEWALL, L., LALUMIÈRE, M., SHERIFF, Cr., HARRIS, G. (2012). Psychopathy, adaptation, and disorder. *Frontiers in Psychology* (perspective article), 4(139), 1-5.

- LOGAN, M., HARE, RD. (2009). Criminal psychopathy: an introduction for police. En: Michel St-Yves & Michel Tanguay (Eds). *Psychology of Criminal Investigation*: Cowansville, Quebec: Editions Syvonblais.
- MCHOSKEY, J. (1995) Narcissism and maquiavellism. *Psychological Reports*, vol. 77, 755-759.
- MARAZZITI, D., BARONI, S., LANDI, P., CERESOLI, D., DELL'OSSO, L. (2013). The neurobiology of moral sense: facts or hypotheses? *Annals of General Psychiatry*, 12(6) (review; open acces).
- MORSE, SJ. (2008). Psychopathy and criminal responsibility. *Neuroethics*, 1(3), 205-212.
- MÜLLER J., SOMMER, M., DÖHNEL, K., WEBER, T., SCHMIDT-WILCKE, T., HAJAK, G. (2008). Disturbed prefrontal and temporal brain function during emotion and cognition interaction in criminal psychopathy. *Behavioral Sciences and Law*, 26(1), 131-150.
- MURPHY, B. (2011). Personality dimensions in psychopathy: Potential explanatory models for primary and secondary traits, [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1978268](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1978268)
- NAVAS COLLADO, E., MUÑOZ GARCÍA, JJ. (2003). El síndrome disejecutivo en la psicopatía. II Congreso Internacional de Neuropsicología en internet.
- NEUMANN, C., HARE, RD., NEWMAN, J. (2007). The super-ordinate nature of the psychopathy checklist-revised. *Journal of Personality Disorders*, 21(2), 102-117.
- PATRICK, C., FOWLES, D., KRUEGUER, R. (2009). Triarchic conceptualization of psychopathy: Developmental origins of disinhibition, boldness, and meanness. *Development and Psychopathology*, 21, 913-938.
- PEMMENT, J. (2012). The neurobiology of antisocial personality disorder: The quest for rehabilitation and treatment. *Aggression and Violent Behavior*, doi: 10.1016/j.avb.2012.10.004.
- PERRY, B. (1992). Childhood experience and the expression of genetic potential: what childhood neglect tells us about nature and nurture. *Brain and Mind* 3, 79-100.
- PINEDA, DA. (2000). La función ejecutiva y sus trastornos. I Congreso Virtual Iberoamericano de Neurología. *Revista de Neurología* 2000, 30(8), 764-768.
- RAINE, A. (2002). Biosocial studies of antisocial and violent behavior in children and adults: a review. *Journal of Abnormal Child Pathology*, 30(4), 311-326.
- REDDING, R. (2006). The brain-disordered defendant: neuroscience and legal insanity in the twenty-first century, <http://law.bepress.com/villanovalwps/art61>
- REIF, A., RÖSLER, M., FREITAG, C., SCHNEIDER, M., EUJEN, A., KISSLING, C., WENZLER, D., JACOB, C., RETZ-JUNGINGER, P., THOME, J., LESCH, K., RETZ, W. (2007). Nature and nurture predispose to violent behavior: serotonergic genes and adverse childhood environment. *Neuropsychopharmacology*, 32, 2375-2383.
- RODRIGO, C., RAJAPAKSE, S., JAYANANDA, G. (2010). The «antisocial» person: an insight in to biology, classification and current evidence on treatment. *Annals of General Psychiatry*, 9:31.
- SIEVER, L. (2008). Neurobiology of aggression and violence. *American Journal of Psychiatry* 165(4), 429-442.
- SKEEM, J., MONAHAN, J., MULVEY, E. (2002). Psychopathy, treatment involvement, and subsequent violence among civil psychiatric patients. *Law and Human Behavior*, 26(6), 577-581.
- TORRUBIA, R., CUQUERELLA, A. (2008). Psicopatía: una entidad clínica controvertida pero necesaria en psiquiatría forense. *Revista Española de Medicina Legal*, 34(1), 25-35.
- TRANEL, D., DE HAAN, E. (2007). Selective developmental neuropsychological disorders. *Cortex*, 43(6), 667-671.
- VILLEGAS, M. (2008). Psicopatología y psicoterapia del desarrollo moral. *Apuntes de Psicología*, 26(2), 199-228.
- WEBER, S., HABEL, U., AMUNTS, K., SCHNEIDER, F. (2008). Structural brain abnormalities in psychopaths — a review. *Behavioral Sciences and the Law*, 26, 7-28.
- WONG, S. (2011). Treatment of Psychopathy: reality or oxymoron. The Institute of Mental Health (Nottingham).

—, HARE, RD. (2001). Program guidelines for the institutional treatment of violent psychopathic offenders. Stephen Wong & Darkstone Research Group, Ltd. Multi-Health Systems, Toronto (Canada).

## **5. Bases neurales de la modulación emocional de la memoria**

Diego Redolar Ripoll

*Diego Redolar Ripoll es licenciado en Psicología, máster en Neurociencia y en Estadística y doctor por la Universidad Autónoma de Barcelona. Actualmente es profesor de Psicología de la Universitat Oberta de Catalunya y de la Universidad Autónoma de Barcelona. Su actividad investigadora se ha centrado en el estudio de las bases neurales del aprendizaje y la memoria, y su modulación y potenciación mediante los sistemas neurales del refuerzo; y en el estudio de la recuperación de déficits cognitivos. Actualmente es codirector del grupo de investigación «Cognitive Neuroscience and Information Technology» en el IN3. Dispone de amplia experiencia investigadora en el estudio de las funciones cognitivas mediante técnicas de estimulación invasiva y no invasiva del sistema nervioso en modelos animales y en humanos. Es autor de otras obras, entre las que destacan: Neuroanatomía (2004), Neuroanatomía y neuropsicología cognitiva (2007), Cerebro y adicción (2008), El cerebro cambiante (2009), El cerebro estresado (2011) y Neurociencia cognitiva (2014).*

Las emociones se han comparado con un arma de doble filo, en tanto que por un lado pueden optimizar y facilitar diferentes aspectos cognitivos (entre ellos la memoria), pero por otro lado también pueden empeorarlos y menoscabarlos. Vamos, en primer lugar, a definir qué es una emoción desde el punto de vista de la neurociencia cognitiva, para entrar después a analizar los diferentes sistemas de memoria que se orquestan en nuestro cerebro y para describir cómo las emociones pueden tener una marcada influencia sobre el funcionamiento de dichos sistemas.

### ***¿Qué son las emociones?***

Delante de una situación de peligro el organismo puede generar una reacción general de alerta con el fin de posibilitar las condiciones propicias para que el sujeto sea capaz de responder de la manera más adecuada ante dicha situación. Sin emociones, la respuesta que pudiéramos dar probablemente carecería de valor adaptativo. Pero, ¿qué

son las emociones? Las emociones son disposiciones con una importante base fisiológica y cognitiva que facilitan la puesta en marcha de reacciones apropiadas a los acontecimientos que tienen lugar y son de importancia biológica para el individuo, permitiendo una respuesta que facilite su adaptación a las demandas de la situación, que generalmente resulta cambiante. Consisten en patrones (autonómicos, endocrinos y conductuales) que son típicos de la especie y que en el caso de los seres humanos van acompañados de sentimientos. Cuando hablamos con otra persona sobre nuestras emociones, normalmente solemos referirnos a cómo nos sentimos y no a conductas prefijadas que se han puesto en marcha al experimentar una condición determinada. Nos referimos a experiencias privadas y subjetivas. Es necesario destacar que los tres componentes iniciales de una emoción (componente autonómico, componente endocrino y componente conductual) son los que posibilitan la supervivencia y la adaptación al medio, y no la experiencia privada o el sentimiento (componente cognitivo). Por este motivo, es lógico pensar que en la evolución filogenética del tejido nervioso primero haya aparecido la emoción y posteriormente el sentimiento.

La expresión de las emociones es una forma de comunicación útil para explicitar sensaciones y sentimientos, y también para indicar a los otros cómo se tienen que comportar ante nuestro estado de ánimo. Reconocer un estado emocional ante otras personas resulta crítico para las interacciones sociales. Las personas utilizamos nuestra propia respuesta emocional o las respuestas emocionales percibidas en otras personas para regular nuestra conducta. El cine y la televisión también han intentado mostrar la importancia que desempeñan las emociones en la comunicación humana. En este sentido, la serie televisiva estadounidense *Lie to Me* (traducción en español: *Miénteme*) creada por Samuel Baum se ha constituido como un reciente ejemplo de ello. En la serie, el psicólogo Cal Lightman (Tim Roth) y su equipo The Lightman Group intentan descubrir las verdades y las mentiras de las personas analizando principalmente el componente conductual de las emociones a través de la voz y de la expresión facial y postural. En la serie se explicitan algunos de los planteamientos de Paul Ekman (un psicólogo pionero en el estudio de las emociones y sus relaciones con la expresión facial). En 1971 Ekman y Friesen estudiaron a los miembros de una tribu aislada de Nueva Guinea que no había establecido contacto alguno con el mundo exterior. Los sujetos de esta tribu no presentaron ningún problema a la hora de reconocer las expresiones faciales y/o emocionales producidas por individuos occidentales. Ekman y Friesen concluyeron que las expresiones emocionales quedaban constituidas como patrones no aprendidos e innatos. De forma añadida, Ekman y sus colaboradores estudiaron la respuesta emocional de estudiantes japoneses y americanos ante una película de alto contenido emocional en dos condiciones diferentes: cuando el sujeto estaba solo o cuando estaba en presencia de otra persona. En la cultura japonesa, donde se consideran socialmente inadecuadas las demostraciones públicas de las emociones, era de esperar que los estudiantes japoneses mostraran menos expresiones emocionales faciales y posturales ante otra persona en comparación con los estudiantes americanos. Los resultados confirmaron esta hipótesis. No obstante, cuando los sujetos estaban solos apenas había diferencia en la expresión emocional entre los estudiantes

japoneses y los americanos. Otras investigaciones han puesto de manifiesto que las expresiones faciales de niños ciegos de nacimiento son similares a las mostradas por niños con capacidades visuales intactas, sugiriendo que la expresión emocional no requiere aprendizaje vicario.

Tal como sucede en otras funciones cerebrales, hay una asimetría lateral en el procesamiento neural de las emociones, dado que el hemisferio derecho tiene un papel más importante, tanto en el reconocimiento como en la expresión emocional. No obstante, el hemisferio izquierdo también participa en el control de la información emocional.

## ***Aprendizaje y memoria***

El aprendizaje es una propiedad fundamental del cerebro que se manifiesta de diversas formas mediante múltiples sistemas diferenciados anatómicamente y funcionalmente. El entorno modifica el comportamiento, en tanto es capaz de inducir cambios en el sistema nervioso. Los mecanismos principales por los que las experiencias modifican la conducta se hallan íntimamente relacionados con el aprendizaje, en tanto este se establece como el proceso por el cual se adquiere nueva información o conocimiento. La memoria constituye el mecanismo por el que este conocimiento es codificado, almacenado y, más tarde, recuperado (es decir, la persistencia del aprendizaje en un estado que permite manifestarlo más tarde).

Los seres humanos aprenden y recuerdan muchas cosas. Sin embargo, esta variedad de cosas no parece procesarse ni almacenarse en las mismas regiones cerebrales. Ninguna estructura cerebral o mecanismo celular puede explicar todos los tipos de aprendizaje. Asimismo, la manera en la que una información de un tipo particular está almacenada puede cambiar a lo largo del tiempo.

¿Cómo podrían las emociones modificar la manera como los seres humanos aprenden y recuerdan las cosas?

## ***Modulación emocional del aprendizaje implícito***

Vamos a comenzar con un tipo concreto de aprendizaje: el aprendizaje de tipo implícito. Este abarca una categoría heterogénea que incluye diferentes formas de adquisición de información. Diariamente las personas se encuentran con una cantidad ingente de aprendizajes que son probablemente implícitos. Con frecuencia llevan a cabo tareas que pueden enseñarse y aprenderse de forma fácil con el modelado o la repetición, pero que resulta difícil explicar y etiquetar de forma explícita. Si en un contexto experimental se proporciona a los individuos de la investigación un conjunto de estímulos generados teniendo presentes una serie de reglas simples, inconscientemente los sujetos experimentales inferirán las regularidades subyacentes.

Los niños aprenden el lenguaje sin etiquetar las palabras que escuchan como nombres, adjetivos o verbos. Ellos prestan atención a los sonidos del habla, aprendiendo de forma implícita las regularidades subyacentes. En muy pocas ocasiones las personas tienen conciencia de los patrones abstractos del mundo que les rodea (las progresiones armónicas de una sinfonía, las regularidades de la gramática, las pinceladas en una obra de arte, etc.).

Desde un punto de vista neural, podemos definir el aprendizaje implícito como una categoría heterogénea que incluye aquellas formas de aprendizaje (*priming*, habilidades sensoriomotrices, hábitos, diferentes tipos de condicionamiento, etc.) que son independientes de la conciencia en la mayoría de los casos y de la integridad del lóbulo temporal medial. De todas esas formas de aprendizaje, nos centraremos en una de ellas debido a que presenta claras implicaciones en el procesamiento de la información emocional: el condicionamiento clásico de la respuesta de miedo.

Imagínese que antes de comenzar su día de trabajo, un oficinista que presta sus servicios en una compañía financiera se dirige a una entidad bancaria a recoger una documentación que necesita para cerrar una transacción de su compañía. En el banco tiene que hacer cola para poder ser atendido en la ventanilla por el cajero al que le ha tocado el primer turno de la mañana. Mientras está en la cola, entabla conversación con una joven que acaba de ocupar el último lugar. La conversación es breve y versa sobre las prisas que tienen ambos para ser atendidos por el cajero y así poder llegar a sus respectivas oficinas para comenzar su jornada laboral. Después de que la conversación haya tenido lugar, dos encapuchados entran en la entidad bancaria pistola en mano amenazando a los clientes y al personal del banco. El atraco concluye con la muerte a tiros por la policía de unos de los atracadores, que se había cobrado previamente la vida de un rehén (una anciana de 72 años que estaba a punto de salir del banco cuando comenzó el atraco). Meses después, el oficinista es invitado a un cóctel que organiza una gran empresa filial de la compañía para la que presta sus servicios. En la fiesta ve a una chica que no reconoce, pero que le resulta extrañamente familiar. La chica se acerca al oficinista y comienzan a hablar sobre un tema trivial relacionado con el servicio de la fiesta. De repente, el oficinista comienza a ponerse nervioso y a sudar de forma súbita, a pesar de que el aire acondicionado del lugar funciona correctamente. Se da cuenta de que su pulso se acelera y le sobreviene una sensación interna muy desagradable que lo incita a correr y a abandonar la fiesta. En ese momento el oficinista se da cuenta de que la mujer con la que está hablando es la misma con la que entabló una conversación justo antes del atraco que tuvo lugar meses atrás y en el que se vio involucrado. Inicialmente, el oficinista es incapaz de reconocer conscientemente a la chica y de relacionarla con el atraco. Cuando habla con ella, su respuesta emocional indica que tiene memoria sobre esa persona. Muestra diferentes signos de activación fisiológica que indican que ha establecido una asociación entre la chica y el atraco. Se ha llevado a cabo un tipo de aprendizaje asociativo que ha dejado una memoria emocional. Se trata de un tipo de aprendizaje emocional en el que un estímulo que inicialmente podía ser neutro (la chica joven) adquiere propiedades negativas al asociarse con un estímulo o situación aversiva (el atraco al banco). Este aprendizaje se denomina condicionamiento

clásico de la respuesta del miedo. Se trata de uno de los principales paradigmas experimentales que se ha utilizado para investigar el papel que desempeña la amígdala en el aprendizaje emocional implícito, ya que este tipo de condicionamiento opera de igual forma en una amplia gama de especies. En este ejemplo se ha descrito un tipo de aprendizaje en el que un estímulo que inicialmente resulta ser neutro para el individuo adquiere un valor negativo al haberse asociado a un acontecimiento aversivo. Dentro de los experimentos clásicos de neurociencia cognitiva y psicobiología, el condicionamiento de la respuesta de miedo implica la presentación de un estímulo incondicionado aversivo (en general, se utiliza una pequeña descarga eléctrica) al final de la presencia de un estímulo relativamente neutro, como pueda serlo una luz o un sonido.

Diferentes equipos de investigación han intentado delimitar las bases neurales subyacentes al condicionamiento de la respuesta del miedo. Todas las investigaciones han conducido a la amígdala como la estructura subcortical responsable de la adquisición y la expresión de este tipo de condicionamiento. Cabe tener presente que la amígdala necesita recibir información del medio externo para poder analizarla y determinar si un estímulo específico puede resultar potencialmente peligroso o amenazador para el individuo. Tanto la información relacionada con el estímulo incondicionado como la relacionada con el estímulo condicionado pueden llegar a la amígdala a través de dos vías separadas y simultáneas: una vía inferior rápida y una vía superior más lenta. Seguramente al lector le habrá ocurrido alguna vez algo similar a lo que se explicará a continuación. Suponga que una persona entra en un callejón poco transitado al atardecer, en que la luz que penetra entre los edificios colindantes es bastante tenue. De repente, una bolsa de basura negra se agita a su izquierda movida por una inesperada ráfaga de aire. Rápidamente, de forma inconsciente y automática, da un salto para apartarse de la bolsa en cuestión. Inmediatamente después se percata de que se trata de una inofensiva bolsa de plástico que no puede considerarse un peligro para su integridad física. ¿A qué se debe este tipo de reacciones? Se trata de un mecanismo adaptativo implementado en la especie humana y en muchas otras para facilitar una respuesta rápida que garantice la supervivencia y ayude a evitar posibles peligros que puedan dañarnos. Imagine que en lugar de una bolsa de basura se hubiera tratado de una rata enorme salida de una alcantarilla cercana. Ante una duda de que un estímulo pueda constituirse como una posible amenaza, resulta más adaptativo poner en marcha una respuesta rápida de evitación del potencial peligro que esperar a una evaluación más concienzuda de la situación sin realizar la respuesta, con el riesgo de ser afectados por dicho estímulo. El cerebro humano ha de contar con algún mecanismo que permita implementar en las pautas de conducta un repertorio automático de evaluación-reacción. A mediados de la década de 1990, Joseph LeDoux, de la Universidad de Nueva York, distinguió dos vías en relación con el papel de la amígdala en el procesamiento del miedo: una vía inferior (rápida) y una vía superior (lenta). La vía inferior es una vía rápida que va desde los receptores sensoriales hasta núcleos talámicos específicos, en función de la modalidad sensorial. Del tálamo la información llega a la amígdala sin pasar por la corteza. Desde un punto de vista sensorial, el

procesamiento de la información que se lleva a cabo en esta vía es muy simple (ya que la información no llega a la corteza de la modalidad sensorial específica). No obstante, a pesar de que se trata de información sensorial poco procesada, es suficiente para que la amígdala pueda poner en marcha los tres componentes de una respuesta emocional (en el ejemplo, sería el momento en el que la persona se sobresalta porque ha visto algo que le ha parecido peligroso, pero no es consciente de qué se trata). La vía superior recibe la información sensorial al mismo tiempo que la vía inferior, ya que desde los receptores sensoriales llega al tálamo en los dos casos. La diferencia estriba en que en la vía superior, del tálamo se dirige a la corteza sensorial primaria. En la corteza se procesa la información sensorial, y de ahí se envía a la amígdala. Por lo tanto, esta es una información sensorial muy rica, pero que tarda más tiempo en llegar (en el ejemplo, sería el momento en que la persona se da cuenta de que lo que se mueve en el callejón no es algo peligroso, por ejemplo, una rata, sino una bolsa de basura). Aunque parezca que tener dos vías para procesar la misma información sea redundante y no aporte nada nuevo al individuo, resulta tremendamente adaptativo. La vía inferior permite a la amígdala recibir la información de una forma rápida para inducir una respuesta emocional concreta, que podrá ser confirmada por la información proveniente de la vía superior.

## ***Modulación emocional del aprendizaje explícito***

Tradicionalmente, el aprendizaje explícito puede dividirse en dos formas claramente diferenciadas: aprendizaje episódico y aprendizaje semántico. El aprendizaje episódico se refiere a la capacidad de adquisición de información que tiene un origen específico temporal o queda relacionada con circunstancias de la vida de una persona. Este tipo de información es dependiente del contexto en el que se ha adquirido, en relación con el tiempo, el espacio o las relaciones con otras personas y con otras circunstancias. Los aprendizajes episódicos suelen hacer referencia a información sobre uno mismo y se organizan en torno a un período de tiempo específico. Las memorias formadas mediante este tipo de aprendizaje son recordadas de manera consciente, de tal forma que parece que uno es capaz de volver a experimentarlas. Se trata de un tipo de aprendizaje que es susceptible al olvido. El aprendizaje semántico se refiere a la capacidad de adquisición de la información que implica hechos sobre el mundo, sobre nosotros mismos y sobre el conocimiento que compartimos con una comunidad. Este tipo de información es relativamente independiente del contexto temporal y espacial en el que ha sido adquirida. Se trata, por lo tanto, de una información que hace referencia al conocimiento compartido con otros. No se organiza en torno a un período temporal específico y resulta menos susceptible al olvido que la información episódica. Las memorias formadas mediante este tipo de aprendizaje proporcionan una sensación de conocimiento, más que un recuerdo consciente de una información específica o de una vivencia. Mediante el aprendizaje explícito se forman memorias conscientes que el

individuo se da cuenta de que tiene y cuya existencia y contenido puede declarar. Por este motivo, dichas memorias suelen conocerse como memorias declarativas. Este tipo de memorias depende de la formación hipocampal. De forma añadida, el aprendizaje espacial (aprender las relaciones que pueden establecerse entre diferentes elementos o estímulos de un contexto espacial) también depende de esta estructura del lóbulo temporal medial. Por este motivo, otra de las expresiones con las que se denomina al aprendizaje declarativo o explícito es la de aprendizaje relacional, para poder incluir tanto el establecimiento de relaciones entre acontecimientos en cuanto al contexto temporal (episódico), como al establecimiento de relaciones entre conceptos (semántico) y entre elementos de un contexto espacial (espacial).

Probablemente, si le preguntaran al lector qué estaba haciendo cuando se enteró del atentado de las torres gemelas de Nueva York sabría describirlo con detalle. Se trata de una memoria episódica de tipo explícito que depende del hipocampo. El hecho de que recuerde qué estaba haciendo el 11 de septiembre de 2001 y no recuerde qué estaba haciendo el 11 de septiembre de 2000 se debe a las interacciones entre la amígdala y el hipocampo, que posibilitaron que la información contextual y episódica relacionada con el atentado se consolidara de forma muy potente en su memoria.

Las interacciones de la amígdala con el sistema de memoria explícita dependiente de la formación hipocampal pueden darse en relación con dos aspectos claramente diferenciados. Por un lado, la amígdala puede aumentar la fuerza de las memorias explícitas de situaciones emocionales, modulando el almacenamiento de dichas memorias. Esto explicaría por qué uno recuerda qué estaba haciendo el 11 de septiembre de 2001 al enterarse del atentado de las torres gemelas, y no recuerda qué estaba haciendo el 11 de septiembre de 2000. El segundo aspecto en el que la amígdala puede interactuar con el sistema de memoria explícita está relacionado con el hecho de que es necesaria para las respuestas emocionales indirectas a estímulos cuyas propiedades emocionales se aprenden de forma explícita. Veamos un ejemplo de este último aspecto, con relación al mantenimiento de reptiles y anfibios vivos en cautividad (herpetocultura). La herpetocultura está aumentando hoy en día en diferentes países y está suscitando cada vez mayor interés social. Son varias las ferias y exposiciones que tienen lugar anualmente en diferentes países y que ponen en contacto a criadores profesionales con personas interesadas en el campo. Asimismo, se trata de una afición que mueve cantidades ingentes de dinero y en la que se aplican los modelos de herencia genética para la cría selectiva y para la obtención de diferentes fases de animales con sorprendentes colores y patrones. No es extraño, por ejemplo, encontrar en las ferias serpientes que se venden por 10.000 o 15.000 euros. En la obra de Bryan Christy *The lizard king: the true crimes and passions of the world's greatest reptile smugglers* se retratan con gran lujo de detalles todos los entresijos que rodean a la herpetocultura. Imagínese la situación en la que una chica joven va a una tienda de animales y pasa por delante del terrario de una pitón reticulada (*Python reticulatus*). Los empleados de la tienda están llevando a cabo sus tareas de limpieza y mantenimiento de los habitáculos de los animales y en ese momento se hallan limpiando el terrario de dicha serpiente (con lo que sus puertas se encuentran abiertas). La chica, al ver que el terrario de la

pitón está abierto, se empieza a poner nerviosa y comienza a sentir miedo, de tal forma que abandona la tienda de animales a pesar de que no existe ningún peligro, puesto que el animal se encuentra con los empleados de la tienda. Hasta aquí la historia no tendría ningún interés, ya que muchas personas presentan aversión y miedo hacia animales como las serpientes o las arañas. No obstante, lo curioso de la situación es que esta chica tiene como afición la herpetocultura, y en su propia casa estabula cuatro ejemplares diferentes de pitón: una pareja de pitones birmanas (*Python molurus bivittatus*) y una pareja de pitones reticuladas. Cada día manipula sus serpientes y no presenta hacia ellas el menor atisbo de miedo o ansiedad. Asimismo, cada año asiste a ferias nacionales e internacionales sobre el mantenimiento de reptiles en cautividad. ¿Qué es lo que sucede? ¿Por qué esta chica a la que le gustan las serpientes tiene miedo de una serpiente en particular? Podría ser que algún día hubiera entrado en la tienda de animales y hubiera tenido la mala suerte de que la serpiente la mordiera. En ese caso, habría un condicionamiento de la respuesta de miedo, en el que esa serpiente en particular (estímulo condicionado) se ha asociado al mordisco (estímulo incondicionado), lo que ha dado lugar a la aparición de dolor por la mordedura y miedo (respuesta incondicionada), de manera que se ha adquirido la respuesta de miedo hacia la serpiente (respuesta condicionada). Otra alternativa podría ser que esta chica tuviera miedo a esa serpiente en particular porque ha oído en una feria de reptiles que la pitón de la tienda de animales en cuestión ha mordido en repetidas ocasiones tanto a los cuidadores como a algún que otro cliente. En este segundo caso, la chica no habría experimentado ninguna situación aversiva directa asociada a esa pitón (ya que la serpiente nunca la habría mordido ni habría hecho el intento de hacerlo). En lugar de ello, ella habría atribuido unas propiedades aversivas a la serpiente de forma explícita. En este segundo caso, la capacidad de aprender y recordar este tipo de información depende del sistema de memoria explícito y de la formación hipocampal. De esta forma, la respuesta de miedo de esta chica no se basa en que haya tenido una experiencia negativa con la serpiente, sino en el conocimiento explícito de las características potencialmente peligrosas de este animal. Este tipo de aprendizaje en el que se aprende a temer o a evitar un determinado estímulo en función de lo que a uno le han contado o de lo que uno ha oído es bastante habitual en el aprendizaje emocional en los seres humanos. Se trata de un aprendizaje explícito de las propiedades emocionales de un estímulo en ausencia de una experiencia aversiva. El equipo del laboratorio de Elizabeth Phelps, en el Departamento de Psicología de la Universidad de Nueva York, intentó contestar a esta cuestión en 2001. Estos investigadores pudieron comprobar que el aprendizaje explícito de las propiedades emocionales de un estímulo determinado o de un conjunto de estímulos (una escena determinada) dependía del sistema hipocampal. No obstante, la amígdala resultaba crítica para la expresión de algunas de las respuestas de miedo hacia dicho estímulo o hacia la escena emocional en cuestión.

## ***Conclusiones***

En los apartados anteriores se ha analizado cómo las emociones pueden modificar la forma en que aprendemos y recordamos diferentes tipos de información en distintos sistemas cerebrales. En la mayoría de los casos, la memoria se ve facilitada en tanto que, por ejemplo, la situación o el contexto en que se adquiere la información pueden tener un valor especial para la persona desde un punto de vista emocional. No obstante, hemos comenzado comparando a las emociones con un arma de doble filo, en lo que se refiere a su impacto sobre los mecanismos de aprendizaje y memoria. Son muchos los estudios que han puesto de manifiesto la interferencia de las emociones sobre la memoria y el control cognitivo. En dichos estudios se ha podido comprobar que cuando se produce la interferencia de las emociones sobre el funcionamiento cognitivo, estructuras críticas para el procesamiento emocional, como la amígdala, aumentan su actividad, mientras que estructuras cardinales para la memoria y el control cognitivo, como la corteza prefrontal dorsolateral, ven mermada su nivel de actividad. En definitiva, tomando en su conjunto todo lo que hemos visto, podemos concluir que en determinadas situaciones nuestro cerebro prioriza el procesamiento de la información emocional, pudiendo redundar negativamente en los procesos cognitivos en marcha o bien potenciarlos en otras ocasiones.

## **Referencias**

- ADOLPHS, R. What does the amygdala contribute to social cognition? *Ann N Y Acad Sci* 2010;1191:42-61.
- , CAHILL L, SCHUL R, BABINSKY R. Impaired declarative memory for emotional material following bilateral amygdala damage in humans. *Learn Mem* 1997;4:291-300.
- , TRANEL D. Intact recognition of emotional prosody following amygdala damage. *Neuropsychologia* 1999;37:1285-92.
- , TRANEL D, BUCHANAN TW. Amygdala damage impairs emotional memory for gist but not details of complex stimuli. *Nat Neurosci* 2005;8:512-8.
- , TRANEL D, DAMASIO AR. The human amygdala in social judgment. *Nature* 1998;393:470-4.
- ANDERSON AK, PHELPS EA. Expression without recognition: contributions of the human amygdala to emotional communication. *Psychol Sci* 2000;11:106-11.
- , PHELPS EA. Perceiving emotion: there's more than meets the eye. *Curr Biol* 2000;10:R551-4.
- BECHARA A, DAMASIO H, TRANEL D, DAMASIO AR. The Iowa Gambling Task and the somatic marker hypothesis: some questions and answers. *Trends Cogn Sci* 2005;9:159-62; discussion 162-4.
- , TRANEL D, DAMASIO H *et al.* Double dissociation of conditioning and declarative knowledge relative to the amygdala and hippocampus in humans. *Science* 1995;269:1115-8.
- BUCHANAN TW, TRANEL D, ADOLPHS R. Memories for emotional autobiographical events following bilateral damage to medial temporal lobe. *Brain* 2006;129:115-27.
- CAHILL L, MCGAUGH JL. Mechanisms of emotional arousal and lasting declarative memory. *Trends Neurosci* 1998;21:294-9.
- CHUN MM, PHELPS EA. Memory deficits for implicit contextual information in amnesic subjects with hippocampal damage. *Nat Neurosci* 1999;2:844-7.

- DAMASIO AR. The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 1996;351:1413-20.
- , CARVALHO GB. The nature of feelings: evolutionary and neurobiological origins. *Nat Rev Neurosci* 2013;14(2):143-52.
- DELGADO MR, NEARING KI, LEDOUX JE, PHELPS EA. Neural circuitry underlying the regulation of conditioned fear and its relation to extinction. *Neuron* 2008;59:829-38.
- DENKOVA E, WONG G, DOLCOS S, SUNG K, WANG L, COUPLAND N, DOLCOS F. The impact of anxiety-inducing distraction on cognitive performance: a combined brain imaging and personality investigation. *PLoS One* 2010;5(11):e14150.
- DOLCOS F, DÍAZ-GRANADOS P, WANG L, MCCARTHY G. Opposing influences of emotional and non-emotional distracters upon sustained prefrontal cortex activity during a delayed-response working memory task. *Neuropsychologia* 2008 Jan 15;46(1):326-35.
- , IORDAN AD, KRAGEL J, STOKES J, CAMPBELL R, MCCARTHY G, CABEZA R. Neural correlates of opposing effects of emotional distraction on working memory and episodic memory: an event-related fMRI investigation. *Front Psychol* 2013;4:293.
- , LABAR KS, CABEZA R. Interaction between the amygdala and the medial temporal lobe memory system predicts better memory for emotional events. *Neuron* 2004;42(5):855-63.
- , MCCARTHY G. Brain systems mediating cognitive interference by emotional distraction. *J Neurosci* 2006;26(7):2072-9.
- , MILLER B, KRAGEL P, JHA A, MCCARTHY G. Regional brain differences in the effect of distraction during the delay interval of a working memory task. *Brain Res* 2007;1152:171-81.
- DUVARCI S, NADER K, LEDOUX JE. De novo mRNA synthesis is required for both consolidation and reconsolidation of fear memories in the amygdala. *Learn Mem* 2008;15:747-55.
- EKMAN P. The face of man: expressions of universal emotions in a New Guinea village. Nueva York: Garland STPM Press, 1980.
- FANSELOW MS, LEDOUX JE. Why we think plasticity underlying Pavlovian fear conditioning occurs in the basolateral amygdala. *Neuron* 1999;23:229-32.
- FIELD T. Individual differences in the expressivity of neonates and young infants. En: Feldman R, editor. Development of nonverbal behavior in Children. Nueva York: Springer-Verlay, 1982.
- , DIEGO M. Vagal Activity, Early Growth and Emotional Development. *Infant Behav Dev* 2008;31(3):361-73.
- GEORGE MS, PAREKH PI, ROSINSKY N, KETTER TA, KIMBRELL TA, HEILMAN KM, HERSCOVITCH P, POST RM. Understanding emotional prosody activates right hemisphere regions. *Arch Neurol* 1996;53(7): 665-70.
- GOEL V, DOLAN RJ. The functional anatomy of humor: segregating cognitive and affective components. *Nat Neurosci* 2001;4(3):237-8.
- HIRST W, PHELPS EA, BUCKNER RL *et al.* Long-term memory for the terrorist attack of September 11: flashbulb memories, event memories, and the factors that influence their retention. *J Exp Psychol Gen* 2009;138:161-76.
- KINDT M, SOETER M, VERVLIIET B. Beyond extinction: erasing human fear responses and preventing the return of fear. *Nat Neurosci* 2009;12: 256-8.
- LABAR KS, GATENBY JC, GORE JC *et al.* Human amygdala activation during conditioned fear acquisition and extinction: a mixed-trial fMRI study. *Neuron* 1998;20:937-45.
- , LEDOUX JE, SPENCER DD, PHELPS EA. Impaired fear conditioning following unilateral temporal lobectomy in humans. *J Neurosci* 1995;15:6846-55.
- , PHELPS EA. Arousal-mediated memory consolidation: role of the medial temporal lobe in humans. *Psychol Sci* 1998;9:490-3.

- LEDOUX JE. The emotional brain. Nueva York: Simon & Schuster, 2011.
- , CICCHETTI P, XAGORARIS A, ROMANSKI LM. The lateral amygdaloid nucleus: sensory interface of the amygdala in fear conditioning. *J Neurosci* 1990;10:1062-9.
- , IWATA J, CICCHETTI P, REIS DJ. Different projections of the central amygdaloid nucleus mediate autonomic and behavioral correlates of conditioned fear. *J Neurosci* 1988;8:2517-29.
- LEVENS SM, PHELPS EA. Emotion processing effects on interference resolution in working memory. *Emotion* 2008;8:267-80.
- MARKGRAF CG, KAPP BS. Lesions of the amygdaloid central nucleus block conditioned cardiac arrhythmias in the rabbit receiving digitalis. *J Auton Nerv Syst* 1991;34:37-45.
- OCHSNER KN, PHELPS EA. Emerging perspectives on emotion-cognition interactions. *Trends Cogn Sci* 2007;11:317-8.
- , RAY RD, COOPER JC *et al.* For better or for worse: neural systems supporting the cognitive down- and up-regulation of negative emotion. *Neuroimage* 2004;23:483-99.
- OKUBO M, ISHIKAWA K, KOBAYASHI A. No trust on the left side: Hemifacial asymmetries for trustworthiness and emotional expressions. *Brain Cogn* 2013;82(2):181-6.
- OLSSON A, EBERT JP, BANAJI MR, PHELPS EA. The role of social groups in the persistence of learned fear. *Science* 2005;309:785-7.
- , NEARING KI, PHELPS EA. Learning fears by observing others: the neural systems of social fear transmission. *Soc Cogn Affect Neurosci* 2007;2:3-11.
- PFEIFER JH, IACOBONI M, MAZZIOTTA JC, DAPRETTO M. Mirroring others' emotions relates to empathy and interpersonal competence in children. *Neuroimage* 2008; 39(4):2076-85.
- PFEIFFER UJ, TIMMERMANS B, VOGLEY K, FRITH CD, SCHILBACH L. Towards a neuroscience of social interaction. *Front Hum Neurosci* 2013;7:22; doi: 10.3389/fnhum.2013.00022.
- PHELPS EA. Faces and races in the brain. *Nat Neurosci* 2001;4:775-6.
- , Human emotion and memory: interactions of the amygdala and hippocampal complex. *Curr Opin Neurobiol* 2004;14: 198-202.
- , Emotion and cognition: insights from studies of the human amygdala. *Annu Rev Psychol* 2006;57:27-53.
- , ANDERSON AK. Emotional memory: what does the amygdala do? *Curr Biol* 1997;7:311-4.
- , DELGADO MR, NEARING KI, LEDOUX JE. Extinction learning in humans: role of the amygdala and vmPFC. *Neuron* 2004;43: 897-905.
- , LABAR KS, ANDERSON AK *et al.* Specifying the contributions of the human amygdala to emotional memory: a case study. *Neurocase* 1998;4:527-40.
- , LABAR KS, SPENCER DD. Memory for emotional words following unilateral temporal lobectomy. *Brain Cogn* 1997;35:85-109.
- , LING S, CARRASCO M. Emotion facilitates perception and potentiates the perceptual benefits of attention. *Psychol Sci* 2006; 17:292-9.
- , SHAROT T. How (and why) emotion enhances the subjective sense of recollection. *Curr Dir Psychol Sci* 2008;17:147-52.
- PHILLIPS RG, LEDOUX JE. Lesions of the dorsal hippocampal formation interfere with background but not foreground contextual fear conditioning. *Learn Mem* 1994;1(1):34-44.
- , LEDOUX JE. Lesions of the fornix but not the entorhinal or perirhinal cortex interfere with contextual fear conditioning. *J Neurosci* 1995;15(7 Pt 2):5308-15.

- RAUCH SL, SHIN LM, PHELPS EA. Neurocircuitry models of posttraumatic stress disorder and extinction: human neuroimaging research —past, present, and future. *Biol Psychiatry* 2006;60:376-82.
- SCHACHTER S, SINGER JE. Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychol Rev* 1962;69:379-99.
- SCHILLER D, CAIN CK, CURLEY NG *et al*. Evidence for recovery of fear following immediate extinction in rats and humans. *Learn Mem* 2008;15:394-402.
- , LEVY I, NIV Y *et al*. From fear to safety and back: reversal of fear in the human brain. *J Neurosci* 2008;28:11517-25.
- , MONFELS MH, RAO CM *et al*. Preventing the return of fear in humans using reconsolidation update mechanisms. *Nature* 2010;463:49-53.
- SCHOENBAUM G, SETLOW B, SADDORIS MP, GALLAGHER M. Encoding predictive outcome and acquired value in orbitofrontal cortex during cue sampling depends upon input from basolateral amygdala. *Neuron* 2003;39:855-67.
- SHAROT T, DELGADO MR, PHELPS EA. How emotion enhances the feeling of remembering. *Nat Neurosci* 2004;7:1376-80.
- , MARTORELLA EA, DELGADO MR, PHELPS EA. How personal experience modulates the neural circuitry of memories of September 11. *Proc Natl Acad Sci USA* 2007;104:389-94.
- SIGURDSSON T, DOYÈRE V, CAIN CK, LEDOUX JE. Long-term potentiation in the amygdala: a cellular mechanism of fear learning and memory. *Neuropharmacology* 2007;52:215-27.
- SOTRES-BAYON F, BUSH DE, LEDOUX JE. Emotional perseveration: an update on prefrontal-amygdala interactions in fear extinction. *Learn Mem* 2004;11:525-35.

## 6. Emoción y supervivencia: investigando las emociones positivas y negativas en el laboratorio

Jaime Vila

*Jaime Vila es catedrático de psicología en la Universidad de Granada. Obtuvo la licenciatura en Psicología por la Universidad Complutense de Madrid en 1971 y el doctorado en Psicología Clínica por la Universidad de Manchester en 1977. Su principal línea de investigación se enmarca dentro de la psicofisiología de las emociones, tanto las negativas, con estudios específicos sobre el miedo y la defensa cardíaca, como las positivas, con estudios específicos sobre el procesamiento afectivo de caras queridas.*

El estudio neurocientífico de las emociones ha sido históricamente difícil. Una de las dificultades radica en la propia definición de emoción que ha enfrentado a los investigadores desde los primeros intentos de entenderla y explicarla. El escenario de este enfrentamiento lo conforman dos personajes históricos: William James y Walter Cannon. Ambos fueron profesores de fisiología en la Universidad de Harvard y, aunque con una notable diferencia de edad (29 años), ambos coincidieron, primero, como profesor y alumno, y posteriormente, como compañeros de universidad y departamento.

William James, que además era filósofo y psicólogo, fue el primero en proponer una teoría neurocientífica sobre las emociones en un artículo publicado en 1884 en una revista de filosofía (*Mind*, <http://psychclassics.yorku.ca/James/emotion.htm>). El artículo, que llevaba por título «¿Qué es una emoción?», utilizaba argumentos basados en la introspección —el método utilizado por los primeros psicólogos experimentales— para defender que la emoción es un estado mental caracterizado por sus aspectos cualitativos —lo que aporta calor y color a la conducta— y que sus bases cerebrales se encuentran en los mismos centros corticales que regulan los procesos sensoriales y perceptivos, ya conocidos parcialmente por aquella época. Para William James no era necesario proponer estructuras cerebrales diferentes para las emociones. De forma esquemática, su planteamiento era el siguiente: los estímulos emocionales externos son captados por los receptores sensoriales y transmitidos a la corteza cerebral donde son percibidos de forma cognitiva —todavía sin emoción—; la corteza entonces envía señales a los músculos y vísceras para preparar acciones adaptativas, las cuales al activarse devuelven señales sensoriales a la corteza (*feedback* propioceptivo e interoceptivo). Es entonces cuando se produce la percepción emocional. Sentimos

miedo o alegría porque nuestro cuerpo reacciona de forma diferente ante la presencia de estímulos negativos (peligro) o estímulos positivos (la presencia de una persona querida).

Esta teoría, defendida apasionadamente por seguidores de William James, fue duramente criticada por Walter Cannon unos años más tarde, cuando ya William James había fallecido. Para Cannon (1931) el esquema neurocientífico de James estaba totalmente equivocado ([http://en.wikipedia.org/wiki/Cannon-Bard\\_theory](http://en.wikipedia.org/wiki/Cannon-Bard_theory)). Los estímulos emocionales externos, una vez captados por los receptores sensoriales, pasan primero por estructuras subcorticales: el tálamo y el hipotálamo. Estas estructuras envían simultáneamente señales a la corteza cerebral y a los músculos y vísceras, pero estas últimas no envían señales de *feedback* al cerebro. La emoción —la cualidad emocional— no depende de las respuestas corporales. Es el producto de la interacción entre las estructuras subcorticales y la corteza. Sentimos miedo o alegría porque sabemos (o interpretamos) que la situación es de peligro o de seguridad. Las respuestas corporales no contribuyen a la cualidad emocional; solo proporcionan energía a la conducta. Por tanto, las mismas respuestas corporales se pueden producir en emociones cualitativamente muy diferentes.

Los planteamientos de James y Cannon dieron lugar a dos formas de abordar el estudio científico de las emociones totalmente contrapuestas: *periferalismo* frente a *centralismo* (focalizar el estudio de las emociones en las respuestas corporales frente al estudio del cerebro), *especificidad* frente a *dimensionalidad* (entender que las respuestas corporales conforman patrones específicos propios de cada emoción frente a la idea de que las respuestas corporales solo reflejan niveles diferentes de energía dentro de una única dimensión de intensidad) y *fisiología* frente a *cognición* (entender que la clave diferenciadora entre las emociones estaba en las propias respuestas fisiológicas frente a la idea de que es la interpretación cognitiva que hacemos de la situación y de nuestras respuestas fisiológicas la que determina la emoción que sentimos). Estas dos formas contrapuestas de abordar el estudio de las emociones, presentes a lo largo de todo el siglo xx —ejemplos destacados son las teorías del *feedback* facial seguidoras de James (Tomkins, Izard y Ekman) y la teorías del *arousal/cognición* seguidoras de Cannon (Shachter y Singer)—, lejos de contribuir al avance del conocimiento científico sobre las emociones, lo dificultaron. Solo cuando, ya a finales del siglo pasado, se rompieron las dicotomías James-Cannon y se intentaron integrar ambos planteamientos la actual neurociencia afectiva empezó a despegar.

Un primer paso para facilitar la integración consistió en dejar de lado el intento de definir con precisión la emoción y, en cambio, tomar como punto de partida una idea relativamente imprecisa pero compartida por la mayoría de investigadores: que las emociones tienen funciones adaptativas ya que contribuyen a facilitar acciones necesarias para la supervivencia. El miedo facilita la huida, la ira facilita el ataque, la alegría y el amor facilitan la aproximación a otras personas. La emoción y la motivación (las acciones dirigidas a metas) serían dos procesos distintos pero íntimamente relacionados. Un análisis etimológico de las palabras emoción y motivación ayuda a entender estas diferencias y similitudes. Ambas comparten la misma raíz —la idea de

movimiento—, pero el movimiento propio de la emoción es diferente del movimiento propio de la motivación. En el primer caso se trata de un movimiento de dentro afuera —identificado por el prefijo «e-», tal como ocurre con la palabra «emigración»—, esto es, un movimiento de dentro del cuerpo afuera del cuerpo; exactamente lo que ocurre con las lágrimas cuando estamos tristes, el sudor cuando tenemos miedo, o el rubor cuando sentimos vergüenza. El movimiento propio de la motivación es distinto; es un movimiento instrumental dirigido a la consecución de objetivos importantes para la supervivencia o para la autorrealización: huir de un peligro, conseguir alimento, garantizar la reproducción o alcanzar un logro importante en la vida. La emoción contribuye a la motivación pudiéndose entender, por tanto, no como una acción en sí misma, sino como una predisposición que facilita la acción.

Este planteamiento, defendido explícitamente por uno de los investigadores más relevantes en el campo de la neurociencia afectiva actual —Peter J. Lang, de la Universidad de Florida—, es compartido de forma implícita por otros muchos investigadores en el campo: Michael Davis, Joseph Ledoux, Antonio Damasio y Edmund Rolls, entre otros. En el caso de Peter Lang (<http://csea.phhp.ufl.edu/publications.html>), su planteamiento asume, además, que las emociones surgen cuando se activan estructuras de información en el cerebro que conectan con los circuitos cerebrales de los dos sistemas motivacionales primarios: el defensivo —vinculado a las acciones protectoras y las emociones negativas— y el apetitivo —vinculado a las acciones de aproximación y las emociones positivas—. Además, se entiende que las emociones se manifiestan de forma específica dependiendo del contexto (el miedo ante un examen no es igual que el miedo a pasear por una calle oscura), pero al mismo tiempo se defiende que todas las emociones comparten tres dimensiones generales: valencia (nivel de agrado frente a desagrado), activación (nivel de relajación frente a excitación) y control (nivel de dominio sobre la situación). Desde este planteamiento (Lang & Bradley, 2010), es evidente que las emociones tienen elementos que son simultáneamente periféricos y centrales, específicos y dimensionales, y fisiológicos y cognitivos, justo lo que defendieron de forma contrapuesta James y Cannon.

El soporte científico de este nuevo planteamiento integrador ha venido de la mano de dos importantes desarrollos metodológicos y tecnológicos. Uno de ellos tiene que ver con la elaboración de nuevos instrumentos para inducir estados emocionales en contextos de laboratorio. El más conocido es el IAPS (International Affective Picture System), un conjunto de más de 1.200 fotografías en color que representan aspectos de la vida cotidiana, todas ellas calibradas psicométricamente en cuanto a su capacidad para provocar respuestas emocionales bien controladas en el laboratorio (<http://csea.phhp.ufl.edu>). El otro tiene que ver con las nuevas tecnologías para el registro fisiológico de la actividad cerebral en humanos (las variables que conectan con la tradición centralista de Cannon) y de la actividad fisiológica de músculos y vísceras (las variables que conectan con la tradición jamesiana). Entre las primeras destacan las técnicas electrofisiológicas (fundamentalmente los potenciales corticales evocados) y las técnicas metabólicas (fundamentalmente la resonancia magnética funcional), las

cuales permiten medir con precisión temporal (las primeras) y espacial (las segundas) la dinámica y localización de las respuestas cerebrales ante los estímulos emocionales presentados. En este contexto de investigación de laboratorio, con un marco teórico integrador y un marco metodológico altamente sofisticado, se está desarrollando de forma casi vertiginosa la actual neurociencia afectiva.

## ***Referencias***

CANNON, W.B. (1931). Again the James-Lange and the thalamic theories of emotion. *Psychological Review*, 38, 281-295.

JAMES, W. (1884). What is an emotion. *Mind*, 9, 188-205.

LANG, P.J. & BRADLEY, M.M. (2010). Emotion and the motivational brain. *Biological Psychology*, 84, 437-450.

## **7. Neural correlates of emotion- and reward-driven attentional capture**

Rashmi Gupta, Judith Domínguez-Borràs and Patrik Vuilleumier

In recent years, affective neuroscience has emerged as an important discipline to study the brain mechanisms of affect and emotion by employing various methods, ranging from neuroimaging and neurobiology through to drug and lesion studies (Davidson et al., 2003; Deak, 2011; Kringelbach, 2005, Kringelbach & Berridge 2008; LeDoux & Phelps 2000; Leknes & Tracey 2008). Ample research has demonstrated that emotionally significant and rewarding information often produces strong effects on other processing systems, such as cognition, attention, or memory. Here we discuss the effects of emotion and reward on attention and the neural substrates underlying this phenomenon. Two modes of attentional control are usually implicated in the deployment of selective attention (Anderson & Folk, 2010). The first is guided by our goals and/or intentions (voluntary or endogenous attention) and the second is guided by the physical salience of the stimuli or by task-irrelevant stimuli (involuntary or exogenous attention). However, recent research has shown that affective salience of stimuli can also influence attention through mechanism shared with both endogenous and exogenous attention (Vuilleumier & Brosch, 2009).

### ***Emotion-driven effects on attention***

Emotionally significant stimuli tend to attract, divert or hold attention more readily than non-emotional stimuli. This may stem from survival reasons, given that our processing resources are limited (Kanwisher & Wojciulik, 2000; Srinivasan & Gupta, 2010). For instance, the detection of faces with angry or fearful expressions among distractors, or the detection of pictures of snakes and spiders, is quicker than the detection of neutral faces or pictures of fruits or plants, respectively (Gerritsen et al., 2008; Flykt & Caldara, 2006). This phenomenon occurs for stimuli with both negative (e.g. threatening) and positive (e.g. appetitive) significance (Cunningham & Brosch, 2012), and has been reported even in laboratory conditions where stimulus-awareness is depleted (Amting et al., 2010; Yang et al., 2007). For instance, subliminally presented words access consciousness more easily when these are emotional than when these are neutral (Gaillard et al., 2006). Similarly, patients suffering from spatial neglect, who typically are unable to respond to stimuli presented in their contralesional space due to

parietal lesions (Vuilleumier, 2007), improve their detection rates when contralesional stimuli are emotional (Fox, 2002; Grabowska et al., 2011; Grandjean et al., 2008; Lucas & Vuilleumier, 2008; Tamietto et al., 2007; Vuilleumier & Schwartz, 2001; Vuilleumier et al., 2002; see Domínguez-Borràs et al., 2012).

In parallel to behaviour, neuroimaging and electroencephalography (EEG) studies have shown that sensory cortices respond more strongly to emotional than to neutral stimuli (Ethofer et al., 2012; Grandjean et al., 2005; Keil et al., 2012; Morris et al., 1998; Peelen et al., 2007; Pessoa et al., 2002; Sabatinelli et al., 2005; Vuilleumier, 2005; see Sabatinelli et al., 2011), very shortly after stimulus-onset (around 80-90 ms in vision - Pourtois et al., 2004; Stolarova et al., 2006; and about 150 ms in audition - Brockelmann et al., 2011; Sauter & Eimer, 2010). The neural correlates subserving these effects still remain incompletely understood, but the amygdala seems to be pivotal. This nuclear complex located in the medial temporal lobe has a central role in emotional processing and learning (LeDoux, 1998), possibly responsible for a direct causal role in the emotional modulation of cortical sensory responses to emotionally significant stimuli (Morris et al., 1998; Peelen et al., 2007; Sabatinelli et al., 2005; Amting et al., 2010). For instance, emotional effects on attention are impaired in patients with amygdala lesions (Anderson & Phelps, 2001; Benussi et al., 2004; Rotshtein et al., 2010; Vuilleumier et al., 2004). A classic two-route hypothesis postulates the existence of a rapid subcortical pathway through which, in the visual modality, very rudimentary visual signals would reach the superior colliculus and the pulvinar nucleus of the thalamus (see Pourtois et al., 2012; Vuilleumier, 2005). Then, the pulvinar would send direct inputs to the amygdala (or perhaps to higher visual areas bypassing primary visual cortex) before full cortical processing, so that amygdala can in turn exert a rapid boosting of sensory signals arriving in parallel in the visual cortex (Tamietto & de Gelder, 2010). Similar subcortical pathways may exist in the auditory modality (Romanski & LeDoux, 1992). Alternatively, other subcortical routes that would not reach directly the amygdala have been proposed, possibly projecting to high-order cortical areas without passing through primary cortices, either via the superior colliculus and then pulvinar (Pessoa & Adolphs, 2010; Vuilleumier, 2005) or via the pulvinar alone (Vuilleumier, 2005; Vuilleumier et al., 2002). or even directly via sensory thalamus (Schmid et al., 2010). On the other hand, a two-stage hypothesis proposes that a rapid boosting of sensory responses might be achieved through cortical pathways through an early and rapid feedforward sweep, involving amygdala as well as frontal (such as the orbitofrontal cortex —OFC) and parietal regions (Bar, 2004). In turn, these regions would send re-entrant feedback projections to the sensory areas modulating their responses, with either sustained or later amygdala activations (Vuilleumier, 2005). These mechanisms of emotional attention can thus amplify selective sensory processing through mechanisms partly independent of top-down attentional processes associated with fronto-parietal networks (Pourtois et al., 2012; Lucas & Vuilleumier, 2008).

## ***Reward-driven attentional capture***

Emotional or motivational significance may not only be intrinsic to some stimuli (e.g. fearful faces, angry voices, spiders, etc.) but can also be acquired by experience, through simple pavlovian conditioning (Armony & Dolan, 2002) as well as reward learning (Anderson et al., 2011). Many studies have found that reward (e.g., monetary gain) facilitates selective voluntary attention to task-relevant stimuli (Serences, 2008; Navalpakkam, 2010). In addition, recent studies suggested that rewarding stimuli also capture attention involuntarily as a result of an association process that develops quickly during value-learning, referred to as reward or value-driven attentional capture (Anderson et al., 2011; Hickey et al., 2010; Maunsell, 2004; Raymond & O'Brien, 2009; Rutherford et al., 2010). It has been argued that value-driven attentional capture is independent of other attentional mechanisms associated with physical salience or goals (see Anderson, 2013, for a discussion). Thus, stimuli previously associated with the delivery of a reward will then capture attention with high priority, even when these are not perceptually salient, no longer predict reward, or are irrelevant to the ongoing task (Anderson et al., 2011; Rutherford et al., 2010). They also persist after damage to frontoparietal regions causing spatial neglect (Lucas et al., 2013).

The robustness of reward-based attentional priority has recently been attested by showing that learning to associate reward value with a stimulus defined by a particular feature (e.g., colour: red circle) can result in a transfer of value or reward-based attentional priority to different stimuli (e.g., flanker X in red colour) sharing that feature (see Anderson et al., 2012). This indicates that the transfer of reward-based attentional priority is flexible enough to occur for objects that have themselves never been rewarded but share a particular feature of rewarding stimuli.

When an object or event triggers an exogenous saccade to its location in space, it is referred to as an oculomotor capture (Theeuwes et al., 1998). Anderson and Yantis (2012) found that stimuli imbued with value via reward learning elicit oculomotor capture involuntarily, even though eye movements were neither encouraged nor required to perform the task. They suggested that saccades to stimuli associated with high reward could not easily be suppressed and have a powerful influence on both overt and covert stimulus selection (see also Theeuwes & Belopolsky, 2012). It has also been observed that when concurrent stimuli compete for processing resources, visual processing is biased in favor of reward-associated stimuli (Raymond & O'Brien, 2009; Gupta et al., in preparation). When stimuli previously associated with high or low rewards appear as either targets or non-targets in a visual identification task, those previously highly rewarded are more quickly detected as targets and more slowly rejected as distracters, relative to low-reward stimuli (Della Libera et al., 2011). Moreover, reward learning generates enduring changes in attentional priority that can persist durably: even over half a year later without further learning or any intervening reinforcement (Anderson & Yantis, 2013).

Together, these results reveal that in the presence of rewarding stimuli our visual system promotes an approach mode toward these stimuli. This is consistent with the

neural mechanisms underlying such learning. It is thought that value-learned rewarding outcomes (high-gain), but not loss outcomes, induce neural plasticity (Schultz, 2002) and alter neural mechanisms for perceptual analysis and/or attentional orienting. Moreover, there is robust indication that memory representations for the associated reward value induce persistent changes in how the brain represents stimuli following reward learning (see Anderson, 2013, for more discussion).

At the neurophysiological level, it has been shown that a lateralized reward-associated distractor elicited an N2pc component when a concurrent target was presented on the vertical meridian. The N2pc has been used as a neural marker to investigate the capability of physical salient yet task-irrelevant stimuli to capture attention (Hickey et al., 2006; Kiss et al., 2012). Using functional magnetic resonance imaging (fMRI), Anderson et al. (2013) found that distractor stimuli, previously associated with reward, elicit an increased response in contralateral regions of extrastriate visual cortex and caudate tail. The caudate tail is a part of the striatum that plays an important role in reward processing and has extensive cortical projections to the oculomotor circuits, such as the lateral intraparietal area (LIP) and regions of the frontal cortex, where neurons respond selectively and quickly to the value of a stimulus (Schilman et al., 2008). It may also project directly to brainstem and superior colliculus (Hikosaka et al., 2006). Thus, reward learning could modify the representation of visual stimuli in the caudate tail, which in turn increase their effective salience in early visual areas of extrastriate cortex and in parallel promote more efficient oculomotor orienting responses.

In conclusion, limbic structures in the amygdala play a key role in modulating sensory cortices (both directly or indirectly) to induce emotion-driven attentional capture, whereas ventral striatum can also influence the sensory (extrastriate) locus of attentional control as well as oculomotor pathways to produce value-driven attentional capture.

## ***References***

- AMTING, J. M., GREENING, S. G., & MITCHELL, D. G. (2010). Multiple mechanisms of consciousness: the neural correlates of emotional awareness. *Journal of Neuroscience*, *30*(30), 10039-10047.
- ANDERSON, A. K., & PHELPS, E. A. (2001). Lesions of the human amygdala impair enhanced perception of emotionally salient events. *Nature*, *411*(6835), 305-309.
- ANDERSON, B. A. (2013). A value-driven mechanism of attentional selection. *Journal of Vision*, *13*, 1-16.
- , & FOLK, C. L. (2010). Variations in the magnitude of attentional capture: Testing a two-process model. *Attention Perception and Psychophysics*, *72*, 342-352.
- , LAURENT, P. A., & YANTIS, S. (2011). Value-driven attentional capture. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, *108*, 10367-10371.
- , LAURENT, P. A., & YANTIS, S. (2012). Generalization of value-based attentional priority. *Visual Cognition*, *20*, 647-658.
- , LAURENT, P. A., & YANTIS, S. (2013). Neural mechanisms of value-driven attentional capture. *Journal of Vision*,

- , & YANTIS, S. (2012). Value-driven attentional and oculomotor capture during goal-directed, unconstrained viewing. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *74*, 1644-1653.
- , & YANTIS, S. (2013). Persistence of value-driven attentional capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, *39*, 6-9.
- ARMONY, J. L., & DOLAN, R. J. (2002). Modulation of spatial attention by fear-conditioned stimuli: an event-related fMRI study. *Neuropsychologia*, *40*, 817-826.
- BAR, M. (2004). Visual objects in context. *Nature Reviews Neuroscience*, *5*, 617-629.
- BENUZZI, F., MELETTI, S., ZAMBONI, G., CALANDRA-BUONAURA, G., SERAFINI, M., LUI, F., NICHELLI, P. (2004). Impaired fear processing in right mesial temporal sclerosis: a fMRI study. *Brain Research Bulletin*, *63*(4), 269-281.
- BROCKELMANN, A. K., STEINBERG, C., ELLING, L., ZWANZGER, P., PANTEV, C., & JUNGHOFER, M. (2011). Emotion-associated tones attract enhanced attention at early auditory processing: magnetoencephalographic correlates. *Journal of Neuroscience*, *31*(21), 7801-7810.
- CUNNINGHAM, W. A., BROSCHE, T. (2012). Motivational salience: amygdala tuning from traits, needs, values, and goals. *Current Directions in Psychological Science*, *21*(1), 54-59.
- DAVIDSON, R. J., SCHERER, K. R., & GOLDSMITH, H. H. (2003). *Handbook of affective sciences*. Oxford: Oxford University Press.
- DEAK, A. (2011). Brain and emotion: Cognitive neuroscience of emotions. *Review of Psychology*, *18*, 71-80.
- DELLA LIBERA, C., PERLATO, A., & CHELAZZI, L. (2011). Dissociable effects of reward on attentional learning: From passive associations to active monitoring. *PLoS One*, *6*, e19460.
- DOMÍNGUEZ-BORRÀS, J., SAJ, A., ARMONY, J. L., & VUILLEUMIER, P. (2012). Emotional processing and its impact on unilateral neglect and extinction. *Neuropsychologia*, *50*(6), 1054-1071.
- ETHOFER, T., BRETSCHER, J., GSCHWIND, M., KREIFELTS, B., WILDGRUBER, D., & VUILLEUMIER, P. (2012). Emotional voice areas: anatomic location, functional properties, and structural connections revealed by combined fMRI/DTI. *Cerebral Cortex*, *22*(1), 191-200.
- FLYKT A., & CALDARA, R. (2006). Tracking fear in snake and spider fearful participants during visual search: A multi-response domain study. *Cognition and Emotion*, *20*(8), 16.
- FOX, E. (2002). Processing of emotional facial expressions: The role of anxiety and awareness. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *2*(1), 52-63.
- GAILARD, R., DEL CUL, A., NACCACHE, L., VINCKIER, F., COHEN, L., & DEHAENE, S. (2006). Nonconscious semantic processing of emotional words modulates conscious access. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, *103*(19), 7524-7529.
- GERRITSEN, C., FRISCHEN, A., BLAKE, A., SMILEK, D., & EASTWOOD, J. D. (2008). Visual search is not blind to emotion. *Perception and Psychophysics*, *70*(6), 1047-1059.
- GRABOWSKA, A., MARCHEWKA, A., SENIOW, J., POLANOWSKA, K., JEDNOROG, K., KROLICKI, L., CZLONKOWSKA, A. (2011). Emotionally negative stimuli can overcome attentional deficits in patients with visuo-spatial hemineglect. *Neuropsychologia*, *49*(12), 3327-3337.
- GRANDJEAN, D., SANDER, D., LUCAS, N., SCHERER, K. R., & VUILLEUMIER, P. (2008). Effects of emotional prosody on auditory extinction for voices in patients with spatial neglect. *Neuropsychologia*, *46*(2), 487-496.
- , SANDER, D., POURTOIS, G., SCHWARTZ, S., SEGHIER, M. L., SCHERER, K. R., & VUILLEUMIER, P. (2005). The voices of wrath: brain responses to angry prosody in meaningless speech. *Nature Neuroscience*, *8*(2), 145-146.
- GUPTA, R., HUR, Y., & LAVIE, N. Perceptual load modulates attentional capture: Role of emotion (in preparation).
- HICKEY, C., CHELAZZI, L., & THEEUWES, J. (2010). Reward changes salience in human vision via the anterior

- cingulate. *Journal of Neuroscience*, 30, 11096-11103.
- , MCDONALD, J. J., THEEUWES, J. (2006). Electrophysiological evidence of the capture of visual attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 604-613.
- HIKOSAKA, O., NAKAMURA, K., & NAKAHARA, H. (2006). Basal Ganglia Orient Eyes to Reward. *Journal of Neurophysiology*, 95, 567-584.
- KANWISHER, N., & WOJCIULIK, E. (2000). Visual attention: insights from brain imaging. *Nature Reviews Neuroscience*, 1(2), 91-100.
- KEIL, A., COSTA, V., SMITH, J. C., SABATINELLI, D., MCGINNIS, E. M., BRADLEY, M. M., & LANG, P. J. (2012). Tagging cortical networks in emotion: a topographical analysis. *Human Brain Mapping*, 33(12), 2920-2931.
- KISS, M., GRUBERT, A., PETERSEN, A., EIMER, M. (2012). Attentional capture by salient distracters during visual search is determined by temporal task demands. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24, 749-759.
- KRINGELBACH, M. L. (2005). The human orbitofrontal cortex: linking reward to hedonic experience. *Nature Reviews Neuroscience*, 6, 691-702.
- , & BERRIDGE, K. C. (2008). Pleasures of the brain. Oxford: Oxford University Press.
- LEDOUX, J. E. (1998). Fear and the brain: where have we been, and where are we going? *Biological Psychiatry*, 44(12), 1229-1238.
- , & PHELPS, E. A. (2000). Emotional networks in the brain. In *Handbook of emotions*, Lewis, M. & Haviland-Jones, J. M. (Eds). New York: Guilford, pp. 157-172.
- LEKNES, S., & TRACEY, I. (2008). Pleasure and pain: masters of mankind. In *Pleasures of the brain*. Kringselbach, M. L., Berridge, K. C. (Eds.). Oxford: Oxford University Press.
- LUCAS N., SCHWARTZ S., LEROY R., PAVIN S., DISERENS K., VUILLEUMIER P. (2013). Gambling against neglect: unconscious spatial biases induced by reward reinforcement in healthy people and brain-damaged patients. *Cortex*, 49, 2616-2627.
- , & VUILLEUMIER, P. (2008). Effects of emotional and non-emotional cues on visual search in neglect patients: Evidence for distinct sources of attentional guidance. *Neuropsychologia*, 46(5), 1401-1414.
- MAUNSELL, J. H. R. (2004). Neuronal representations of cognitive state: Reward or attention? *Trends in Cognitive Science*, 8, 261-265.
- MORRIS, J. S., FRISTON, K. J., BUCHEL, C., FRITH, C. D., YOUNG, A. W., CALDER, A. J., & DOLAN, R. J. (1998). A neuromodulatory role for the human amygdala in processing emotional facial expressions. *Brain*, 121(1), 47-57.
- NAVALPAKKAM, V., KOCH, C., RANGEL, A., & PERONA, P. (2010). Optimal reward harvesting in complex perceptual environments. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 107, 5232-5237.
- PEELEN, M. V., ATKINSON, A. P., ANDERSSON, F., & P., V. (2007). Emotional modulation of body-selective visual areas. *SCAN - Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2(.), 274-283.
- PESSOA, L., & ADOLPHS, R. (2010). Emotion processing and the amygdala: from a 'low road' to 'many roads' of evaluating biological significance. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(11), 773-783.
- , MCKENNA, M., GUTIÉRREZ, E., & UNGERLEIDER, L. G. (2002). Neural processing of emotional faces requires attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 99(17), 11458-11463.
- POURTOIS, G., GRANDJEAN, D., SANDER, D., & VUILLEUMIER, P. (2004). Electrophysiological correlates of rapid spatial orienting towards fearful faces. *Cerebral Cortex*, 14(6), 619-633.
- , SCETTINO, A., & VUILLEUMIER, P. (2012). Brain mechanisms for emotional influences on perception and attention: What is magic and what is not. *Biological Psychology*, 92(3), 492-512.
- RAYMOND, J. E., & O'BRIEN, J. L. (2009). Selective visual attention and motivation: The consequences of value learning in an attentional blink task. *Psychological Science*, 20, 981-988.

- ROMANSKI, L. M., & LEDOUX, J. E. (1992). Bilateral destruction of neocortical and perirhinal projection targets of the acoustic thalamus does not disrupt auditory fear conditioning. *Neuroscience Letters*, *142*(2), 228-232.
- ROTSZTEIN, P., RICHARDSON, M. P., WINSTON, J. S., KIEBEL, S. J., VUILLEUMIER, P., EIMER, M., DOLAN, R. J. (2010). Amygdala damage affects event-related potentials for fearful faces at specific time windows. *Human Brain Mapping*, *31*(7), 1089-1105.
- RUTHERFORD, H. J., O'BRIEN, J. L., & RAYMOND, J. E. (2010). Value associations of irrelevant stimuli modify rapid visual orienting. *Psychonomic Bulletin & Review*, *17*, 536-542.
- SABATINELLI, D., BRADLEY, M. M., FITZSIMMONS, J. R., & LANG, P. J. (2005). Parallel amygdala and inferotemporal activation reflect emotional intensity and fear relevance. *Neuroimage*, *24*(4), 1265-1270.
- , FORTUNE, E. E., LI, Q., SIDDIQUI, A., KRAFFT, C., OLIVER, W. T., JEFFRIES, J. (2011). Emotional perception: meta-analyses of face and natural scene processing. *Neuroimage*, *54*(3), 2524-2533.
- SAUTER, D. A., & EIMER, M. (2010). Rapid detection of emotion from human vocalizations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *22*(3), 474-481.
- SCHILMAN, E. A., UYLINGS, H. B., GALISDE GRAAF, Y., JOEL, D., & GROENEWEGEN, H. J. (2008). The orbital cortex in rats topographically projects to central parts of the caudate-putamen complex. *Neuroscience Letter*, *432*, 40-45.
- SCHMID, M., MROWKA, S., TURCHI, J., SAUNDERS, R., WILKE, M., PETERS, A., YE, F., LEOPOLD, D. (2010). Blindsight Depends on the Lateral Geniculate Nucleus. *Nature*, *446*, 373-376.
- SCHULTZ, W. (2002). Getting formal with dopamine and reward. *Neuron*, *36*, 241-263.
- SERENCES, J. T. (2008). Value-based modulations in human visual cortex. *Neuron*, *60*, 1169-1181.
- SRINIVASAN, N., & GUPTA, R. (2010). Emotion-attention interactions in recognition memory for distractor faces. *Emotion*, *10*(2), 207-215.
- STOLAROVA, M., KEIL, A., & MORATTI, S. (2006). Modulation of the C1 visual event-related component by conditioned stimuli: evidence for sensory plasticity in early affective perception. *Cerebral Cortex*, *16*(6), 876-887.
- TAMIETTO, M., & DE GELDER, B. (2010). Neural bases of the non-conscious perception of emotional signals. *Nature Reviews Neuroscience*, *11*(10), 697-709.
- , GEMINIANI, G., GENERO, R., & DE GELDER, B. (2007). Seeing fearful body language overcomes attentional deficits in patients with neglect. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *19*(3), 445-454.
- THEEUWES, J., & BELOPOLSKY, A. V. (2012). Reward grabs the eye: Oculomotor capture by rewarding stimuli. *Vision Research*, *74*, 80-85.
- , KRAMER, A. F., HAHN, S., & IRWIN, D. E. (1998). Our eyes do not always go where we want them to go: capture of the eyes by new objects. *Psychological Science*, *9*, 379-385.
- VUILLEUMIER, P. (2005). How brains beware: neural mechanisms of emotional attention. *Trends in Cognitive Science*, *9*(12), 585-594.
- (2007). Hemispatial neglect. In *Behavioural neurology in acute stroke management*, O. Godefroy & J. Bogousslavsky (Eds.), Cambridge, UK: Cambridge University Press (pp. 148-197).
- , ARMONYA, J. L., CLARKE, K., HUSAINA, M., DRIVER, J., & DOLAN, R. J. (2002). Neural response to emotional faces with and without awareness: event-related fMRI in a parietal patient with visual extinction and spatial neglect. *Neuropsychologia*, *40*, 2156-2166.
- , & BROSCHE, T. (2009). Interactions of emotion and attention in perception. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The Cognitive Neurosciences IV* (pp. 925-934).
- , & SCHWARTZ, S. (2001). Beware and be aware: capture of spatial attention by fear-related stimuli in neglect. *Neuroreport*, *12*(6), 1119-1122.

—, RICHARDSON, M. P., ARMONY, J. L., DRIVER, J., & DOLAN, R. J. (2004). Distant influences of amygdala lesion on visual cortical activation during emotional face processing. *Nature Neuroscience*, 7(11), 1271-1278.

YANG, E., ZALD, D. H., & BLAKE, R. (2007). Fearful expressions gain preferential access to awareness during continuous flash suppression. *Emotion*, 7(4), 882-886.

# 8. Brain-computer interface (BCI) and Frequency Specific Training

Dr. Lana F. Morrow

*Dr. Lana Morrow is Neuropsychologist in Central Park Learning. Faculty at ICAFS, Insitute for Child, Adolescent and Famly Studies in New York City. Inventor of the non-invasive headsets and dry electrode systems; President and CEO of Think Interfaces Inc, based in Manhattan, New York. As an inventor and neuroscientist, she conducts research and lectures internationally. She is the winner of the Galileo 2000 Award in 2013.*

Brain-computer interface (BCI) is a novel method of communication based solely on neural activity that is generated by the brain voluntarily by the subject. This neural activity used in BCI can be recorded using invasive or noninvasive techniques. The goal of BCI is to provide a new channel of output for the brain that requires voluntary adaptive control by the user (Wolpaw et al., 2000b). There are several computer interfaces designed for disabled people (Wickelgren, 2003) and many utilize muscular control of eyes, head, or mouth. BCI systems are obviously useful for severely disabled, or locked-in, individuals with severe disability. However, there are also BCIs used in the field of rehabilitation for various specific neurological or psychological diseases. One of the successful applications of BCI is in rehabilitation of focus, peak performance and sustained attention and in Attention Deficit Disorder. Another successful example is the use of the BCIs in Autism and Asperger's Syndrome, which we will discuss later in this chapter.

## ***BCIs and research***

Recently, BCI researchers have focused mostly on invasive systems to increase and meliorate functions in the brain from bettering vision to augmenting hearing or touch. M.c Dadarlat et al from Berkley College in California received the BCI Award for 2013 for their work "A learning-based approach to artificial sensory feedback: intracortical microstimulation replaces and augments vision." Bleichner et al. studied the ability to use hand gestures as control signal for implanted brain computer interfaces. Bundy and Leuthard' s work focuses on neurorehabilitation of stroke.

Other researchers use neural evoked potentials components to interface with the computers. For example, Zhang et al trained their subjects to spell by detecting the neural changes in N200 evoked potential component when viewing the fMRI. Takemi et al. use the online estimate of event-related desynchronization by Hand Motor Imagery and associate it with with corticospinal excitability to aid in neurorehabilitation. Donchin et al study P300 component of the evoked potential to create prosthetic devices that would enable spelling. Recent work of Kubler et al shows utility of the BCI using sensorimotor rhythms to operate a brain-computer interface in ALS. These are very important strides in the field of BCI, enabling functionality in everyday life of patients and non-patients alike. The issue with the implanted, invasive electrodes, however, is that it requires surgery and recovery time, exposes the user to the trauma and risks of infections, and it is not cost nor time efficient, or user-friendly.

### ***User friendly BCI and rehabilitation: Functionality of the BCI and the Frequency Specific Training (FST)***

The BCI activity is picked up by the electrodes on the top of the scalp, and then amplified and transformed usually via FFT by the amplifier. The program transforms raw signals into salient feature vectors, which are then classified into controls. These signals are then transmitted, via WI FI or Bluetooth into the receiver and software program in the computer, tablet or a PDA. In the program, the output is presented in the form of a visual or auditory feedback to the subject, usually at a specific given rate and with specific Skinnerian reward modality. This feedback given every time that a desired brain frequency is emitted enables the user to train his or her brain activity in a non invasive way to a specific brain frequency (FST) that is used for specific purpose. Therefore, by training via thought, the subject elicits his or her own capacity to generate and sustain specific brain frequency, FST, which then results in a specific behavioral change, such as better focus, better sustained attention, increased motivation, proactive behavior, organization and better scholastic performance. In other cases we can elicit a decrease in aggressive behavior, or taper off motor or verbal tics.

### ***Example of the Training***

Thus, we can effectively say that training via thought actually trains the brain to reroute itself. Userfriendly training in Attention Deficit Disorder has proven effective in reducing distractibility and increasing focusing. Martin Arnjs et al. performed a large meta analysis of studies in ADHD and neurofeedback, and state that controlled studies and studies employing a pre-and post-design found large effect sizes (ES) for neurofeedback on impulsivity and inattention and a medium ES for hyperactivity.

They concluded that the clinical effects of neurofeedback in the treatment of ADHD

can be regarded as clinically meaningful. Three randomized studies have employed a semi-active control group which can be regarded as a credible sham control providing an equal level of cognitive training and client-therapist interaction. Therefore, in line with the AAPB and ISNR guidelines for rating clinical efficacy, they concluded that neurofeedback treatment for ADHD can be considered “Efficacious and Specific” (Level 5) with a large ES for inattention and impulsivity and a medium ES for hyperactivity.

We have proven in some of our studies, that training with FST creates changes in children with Attention Deficit Disorder in dorsolateral prefrontal areas in the brain (Brodmann areas 9, 44 and 46). Further, the fMRI data show that the students who underwent training showed marked changes in areas in the brain (both in white and grey matter) that are responsible for executive function and attention, organization and planning; these findings are correlated to the findings on neuropsychological and behavioral tests, which also proved the same. Students showed increase in grades after 40 sessions with frequency specific visual training. They were able to better plan their daily activities, organize schoolwork, perform on tests with success, felt happier, and were more proactive in school and at home.

## ***Conclusion***

Therefore, frequency specific training influences and changes specific areas in the brain in a non-invasive way, but also changes human behavior and meliorates person’s ability to think and act in a more positive way. This change, in turn, creates a feeling of satisfaction and well being, resulting in better quality of life. The impact of the BCI on people’s lives is significant and still growing. Not only are ubiquitous devices more efficient and pleasant to work with, they also lower the cost of treatment in traditional medical interventions. However, one of the most important aspects of the BCI is that enables us to train ourselves to use our own mind to repair, grow and better it, empowering us to reach higher functional, mental and emotional potential. The field is still in the very early stages, and it is important to underline the necessity for rigorous scientific studies in non-invasive, ubiquitous BCIs, which will significantly change the treatment and diagnosis of many neurological and psychological disorders, as well as daily life and the way we experience the world.

## ***References***

ARNS, Martijn, DE RIDDER, Sabine *et al.* Efficacy of Neurofeedback Treatment in ADHD: The Effects on Inattention, Impulsivity and Hyperactivity: A Meta-Analysis. *Clin EEG Neurosci* July 2009, vol. 40, n.° 3, 180-189.

BUNDY, D. T., LEUTHARDT, E. C. An Ipsilateral, Contralesional BCI in Chronic Stroke Patients. «The Annual BCI Research Award 2013». The Winners. The Annual BCI Awards, web. 6 June 2014.

DADARLAT, Marie C., O'DOHERTY, Jane, & SABES, P. N. A learning-based approach to artificial sensory feedback:

- intracortical microstimulation replaces and augments vision. «The Annual BCI Research Award 2013». The Winners. The Annual BCI Awards, web. 6 June 2014.
- FARWELL, LA, DONCHIN, E. Talking off the top of your head: Toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1988, 70:510-523.
- HOCHBERG, Leigh R., SERRUYA, Mijail D., FRIEH, Gerhard M., MUKAND, Jon A., SALEH, Maryam, CAPLAN, Abraham H., BRANNER, Almut, CHEN, David, PENN, Richard D. & DONOGHUE, John P. Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia, *Nature*, vol. 442|13, July 2006.
- KÜBLER, A, NIJBOER, F, MELLINGER, J, VAUGHAN, TM, PAWELZIK, H, SCHALK, G, MCFARLAND, DJ, BIRBAUMER, N, WOLPAW, JR. Patients with ALS can use sensorimotor rhythms to operate a brain-computer interface. *Neurology* 2005, 64:1775-1777.
- TAKEMI, M., MASAKADO, Y., LIU, M., USHIBA, J. Online Estimate of Event-related Desynchronization by Hand Motor Imagery is Associated with Corticospinal Excitability-physiological Evidence for Brain-Computer Interface Based Neurorehabilitation. «The Annual BCI Research Award 2013». The Winners. The Annual BCI Awards, web. 6 June 2014.
- WICKELGREN *et al.* Non invasive Brain Machine Interfaces. European Space Industry 2003. [http://www.esa.int/gsp/ACT/doc/ARI/ARI%20Study%20Report/ACT-RPT-BIO-ARI-056402-Non\\_invasive\\_brain-machine\\_interfaces\\_-\\_Martigny\\_IDIAP.pdf](http://www.esa.int/gsp/ACT/doc/ARI/ARI%20Study%20Report/ACT-RPT-BIO-ARI-056402-Non_invasive_brain-machine_interfaces_-_Martigny_IDIAP.pdf)
- WOLPAW *et al.* Brain-Computer Interface Technology: A Review of the First International Meeting, 2000. <http://www.nsf.gov>

# 9. La felicidad

Dra. Carmen García Sánchez

*Carmen García Sánchez es doctora en Psicología, especialista en Psicología Clínica y experta en Neuropsicología. Ejerce de neuropsicóloga adjunta en el Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, donde es profesora en la Escuela de enfermería, así como coordinadora y profesora del máster «Diagnóstico y rehabilitación neuropsicológica» de la Universidad Autónoma de Barcelona. Investigadora principal en proyectos sobre marcadores precoces de enfermedades neurodegenerativas y, actualmente, implementación de la música en el tratamiento de la afasia. Es autora de numerosos materiales de rehabilitación y estimulación cognitiva, y también de publicaciones nacionales e internacionales en numerosas revistas prestigiosas.*

La búsqueda de la felicidad en los seres humanos es tan antigua que puede considerarse intrínseca a la propia humanidad y tan compleja como las diferentes definiciones de felicidad que existen. ¿Qué es la felicidad? ¿La felicidad es un estado o es un rasgo? ¿Depende de factores ambientales o biológicos? En general, la felicidad se ha intentado explicar a través de características internas-biológicas del individuo y/o ambientales y externas al individuo.

Sin entrar en grandes consideraciones, parecen existir unas condiciones ambientales que pueden favorecer los estados de felicidad pero que no son suficientes por sí mismas para alcanzar la felicidad. Todos conocemos individuos que necesitan poseer muchas cosas para ser felices y otros que no tienen nada son inmensamente felices. ¿Dónde radica la felicidad?

Estudios neurocientíficos recientes han identificado estructuras cerebrales y sustancias neuroquímicas íntimamente relacionadas con los conceptos más básicos de la felicidad como el placer, el deseo y el sistema de recompensa.

Aunque no existe una región cerebral específica que se identifique con la tristeza o la felicidad, algunos estudios han centrado su interés en el área cerebral denominada orbitofrontal por sus ricas conexiones con el sistema dopaminérgico (responsable del deseo), el sistema opioideo (responsable del placer) y los ganglios basales [1], la ínsula [2], el área medial prefrontal [3] y el córtex cingulado [4].

El primer gran avance neurocientífico de la felicidad tiene su origen en la década de los cincuenta gracias a los trabajos de dos psicólogos norteamericanos que descubrieron los «centros del placer del cerebro». Estos psicólogos, llamados James Olds y Peter Milner [5], llevaron a cabo un estudio experimental con ratas a las que se les

implantaban unos electrodos que estimulaban ciertas áreas cerebrales cada vez que presionaban una palanca. El resultado de este experimento es que las ratas no podían dejar de autoestimularse y no paraban de presionar la palanca independientemente de que se les ofreciera comida o bebida. De las estructuras subcorticales que estos psicólogos estimulaban fue el núcleo *accumbens* uno de los más activos. Paralelamente se ha encontrado en estudios con personas que la estimulación del núcleo *accumbens* les provocaba sonrisa, risa, sensaciones placenteras, felicidad, incluso euforia (Cardoso). El núcleo *accumbens* consigue lo que podríamos llamar el combustible para las sensaciones placenteras desde el área tegmental ventral (VTA).

La falta de placer o anhedonia es uno de los síntomas más importantes de muchas enfermedades mentales como la depresión. Resulta difícil concebir el concepto de felicidad excluyendo la capacidad de disfrutar, y por ello constituye un camino para conocer los mecanismos entre felicidad y placer.

Todavía desconocemos con certeza cuáles son las estructuras cerebrales implicadas en el placer —alteradas en la anhedonia—. Algunos estudios experimentales han señalado el núcleo pálido ventral como responsable de la abolición del placer en roedores [6], un núcleo que cuenta con abundantes conexiones con el córtex orbitofrontal.

Otros estudios consideran que si la felicidad está ligada al placer y a la satisfacción probablemente esté ligada al núcleo caudado, porque algunos estudios llevados a cabo en el Instituto Douglas de Montreal [7] han hallado que las personas que sufren anhedonia (incapacidad de obtener placer y satisfacción) se caracterizan por poseer un núcleo caudado más pequeño que las personas que no presentan este trastorno. Además este estudio ha sido de crucial importancia al identificarse el núcleo caudado como una estructura cerebral responsable del adecuado funcionamiento del sistema de recompensa, y por lo tanto responsable del aprendizaje de comportamientos que producen placer.

El Dr. Richard Davidson de la Universidad de Wisconsin, neuropsicólogo especialista en el campo de la psicología positiva, definida como la capacidad de utilizar nuestros pensamientos para cambiar nuestros sentimientos y alcanzar la felicidad, demostró mediante estudios de neuroimagen funcional que cuando las personas se encuentran felices, el hemisferio izquierdo del lóbulo frontal (córtex prefrontal izquierdo) está más activado. Y que, por el contrario, cuando las personas están tristes tienen más activado el córtex prefrontal derecho [8].

Independientemente de la disposición biológica que poseamos, todos podemos hacer algo para aumentar nuestra felicidad, de la misma forma que podemos mejorar una función cognitiva (atención, memoria, lenguaje...). Realizando y repitiendo determinados ejercicios específicos, podemos aprovechar la plasticidad de nuestro cerebro y entrenarlo para formar patrones de pensamiento positivo automáticos.

Podemos aprender a buscar y ser conscientes de los aspectos positivos de la vida y de esa forma luchar contra la tendencia a los aspectos negativos. Se trata de aprender a ver la botella siempre medio llena y en proceso de que esté completamente llena, y no al revés.

Mantener nuestro cerebro en óptimas condiciones para poder mostrar su máxima expresividad de la felicidad requiere, al igual que el resto del cuerpo, ejercicio, buenos alimentos y descansar para mantenerse en forma. La ausencia de cualquiera de estas necesidades puede llevar a estados de un excesivo desgaste o hipoactividad. Concretamente, los principales enemigos para la longevidad y el bienestar cerebral son:

— *Estrés*. Los estados de estrés causados por exigencias ambientales o desequilibrios psicológicos liberan cortisol y este tiene efectos demoledores sobre el cerebro. Provoca una afectación a la provisión de glucosa en el cerebro, dificultando la actividad de los neurotransmisores y generando muerte neuronal.

— *Hipoglucemia*. Deben evitarse ayunos prolongados que puedan generar estados de hipoglucemia porque la glucosa es el principal nutriente del cerebro.

— *Insuficiencia de oxígeno*. El cerebro es un ávido consumidor de oxígeno y algunas enfermedades como las apneas del sueño o situaciones ambientales como la contaminación reducen la cantidad de oxígeno que recibe el cerebro.

— *Sueño insuficiente*. Dormir mal o insuficientemente empeora nuestro estado de salud, nuestras emociones e incluso nuestras relaciones. El cerebro necesita descansar y recargar energías para su óptimo funcionamiento.

— *Alcohol, tabaco y otras drogas*. En general todas las drogas causan disminución del tamaño cerebral y favorecen la aparición de enfermedades neurodegenerativas.

— *Aislamiento social*. Interactuar con los demás favorece la interconectividad neuronal y su buen funcionamiento.

— *Ausencia de pensamientos estimulantes*. Tener curiosidad, investigar, aprender es un excelente alimento para nuestro cerebro activo, al que le gusta jugar con significados, cálculos y resolver problemas.

También encontramos estrategias conductuales que pueden emplearse para que nuestro cerebro genere sustancias satisfactorias como las endorfinas y nos sintamos felices:

— *La atención plena*. Aprender a observar y atender a los estímulos que nos rodean nos permitirá disfrutar de los olores, sonidos, sabores, colores... Estamos rodeados de estímulos sensoriales que pueden deleitarnos. Vaya a la playa, a la montaña y deje fluir su mente y sensaciones.

— *Amar y disfrutar apasionadamente de todo lo que hacemos*. Buscar objetivos que dirijan nuestro comportamiento y den sentido a nuestra existencia.

— *Ser agradable*. Los actos de bondad aumentan los niveles de felicidad. Todos podemos hacer sonreír a una persona, apoyarla en momentos difíciles, llevar un café a un compañero en el trabajo...

— *Reconocer la gratitud de otras personas*. Agradecer y reconocer los esfuerzos que otra persona ha hecho por uno mismo es tan importante como haberlo realizado en el camino de la felicidad.

— *Diario de acontecimientos y pensamientos positivos*. Anotar cada día tres cosas buenas que sucedieron nos llevará a analizar y valorar aspectos y cosas que por las precipitaciones cotidianas no habíamos sido capaces de valorar.

— *Risa*. La risa y la carcajada son una fuente rápida de obtener endorfinas.

- Comida. Descubra el placer de la comida. El gusto es una sensación que puede reportarnos mucho placer y que a veces descuidamos por falta de tiempo.
- Recuerdos. Los recuerdos felices y placenteros tienen la misma capacidad de generar endorfinas que las situaciones reales. Beneficiéase de ellos recordándolos, puede hacerlo íntimamente, viendo materiales fotográficos, recordando con amigos...
- Deporte. Hacer ejercicio físico regularmente hace sentirnos mejor y más felices.
- Manejar y gestionar adecuadamente el estrés.

## **Referencias**

1. KRINGELBACH, ML. The human orbitofrontal cortex: linking reward to hedonic experience. *Nat Rev Neurosci* 2005;6:691-702.
2. CRAIG, AD. Opinion: How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Nat Rev Neurosci* 2002;3:655-666.
3. AMODIO, DM, FRITH, CD. Meeting of minds: the medial frontal cortex and social cognition. *Nat Rev Neurosci* 2006;7:268-277.
4. BECKMANN, M, *et al.* Connectivity-based parcellation of human cingulate cortex and its relation to functional specialization. *J Neurosci* 2009;29:1175-1190.
5. OLDS, J, MILNER, P. Positive reinforcement produced by electrical stimulation of septal area and other regions of rat brain. *J Comp Physiol Psychol* 1954;47:419-27.
6. ALDRIDGE, JW, BERRIDGE, KC. Neural coding of pleasure: «rose-tinted glasses» of the ventral pallidum. In: Kringelbach, ML, Berridge, KC, editors. *Pleasures of the Brain*. Nueva York: Oxford University Press, 2010.
7. [http://www.douglas.qc.ca/research\\_publications](http://www.douglas.qc.ca/research_publications)
8. <http://www.psychologytoday.com/blog/in-the-face-adversity/201302/the-role-the-brain-in-happiness>
9. <http://www.dana.org/Cerebrum/Default.aspx?id=39376 # sthash.YWyPsl6U.dpuf>