



Jornades de Foment de la Investigació

**MANIFESTACIÓN DE LAS DIFERENCIAS  
INDIVIDUALES EN EXTRAVERSIÓN Y  
SENSIBILIDAD A LA RECOMPENSA EN  
EL VOLUMEN CEREBRAL**

**Paola FUENTES  
Víctor COSTUMERO  
Juan Carlos BUSTAMANTE  
Alfonso BARRÓS-LOSCERTALES  
César ÁVILA**

## INTRODUCCIÓN

La medición de los rasgos de personalidad ha sido definida desde diferentes perspectivas teóricas, entre las cuales la Teoría de los Cinco Factores (Costa y McCrae, 1989) y la Teoría de la Sensibilidad a la Recompensa (Gray, 1970; 1987; Gray y McNaughton, 2000) tienen actualmente una particular relevancia. El modelo de los Cinco Factores describe la personalidad en base a las dimensiones de Extraversión (E), Neuroticismo (N), Responsabilidad (C), Amabilidad (A) y Apertura a la experiencia (O), que a su vez están compuestas por varias facetas, seis por cada dimensión, referidas a diferentes aspectos que concretan el contenido de las mismas. Cada una de estas dimensiones se conceptualiza como un continuo bipolar. Por ejemplo, la dimensión Extraversión está definida en un polo por la extraversión y en el polo opuesto por la introversión (Wright y cols, 2006). La dimensión de Extraversión resulta de particular interés, ya que muchas de las aproximaciones taxonómicas actuales a la personalidad y gran parte de los inventarios de personalidad más conocidos incluyen alguna definición de un rasgo similar que podemos identificar con la extraversión (Watson & Clark, 1997).

En la Teoría de la Sensibilidad a la Recompensa, Gray postula la existencia de dos sistemas motivacionales de regulación de la conducta, uno relacionado con la evitación y la respuesta a estimulación aversiva (SIC, Sistema de Inhibición Conductual); el otro relacionado con la aproximación y la respuesta a estímulos apetitivos (SAC, Sistema de Activación Conductual) (Smits y Boeck, 2006). De este modo, la función del SIC es detener o evitar la conducta que pueda conducir a situaciones de castigo o de pérdida de una recompensa, mientras que la del SAC consistiría en regular la iniciación o el mantenimiento de la conducta en situaciones en las que es posible conseguir una recompensa o aproximarse a un estímulo apetitivo, ya sea condicionado o incondicionado (Corr, 2004). Estos sistemas motivacionales constituyen la base de diferentes rasgos de personalidad, de manera que las diferencias individuales en los rasgos de Impulsividad o Sensibilidad a la Recompensa se basarían en diferencias en cuanto al funcionamiento o la sensibilidad del SAC. Del mismo modo, el funcionamiento del SIC conformaría la base del rasgo de Ansiedad o Sensibilidad al Castigo (Pickering y Gray, 1999).

De acuerdo con el modelo de los Cinco Factores, la Extraversión se caracteriza por una tendencia a la búsqueda y participación en interacciones sociales, así como por una tendencia a experimentar con mayor frecuencia o intensidad emociones positivas. Algunos autores plantean que existe una relación entre la Extraversión y la Sensibilidad a la Recompensa, que podemos identificar con el SAC, ya que las personas que puntúan alto en Extraversión parecen ser especialmente sensibles a las señales que indican recompensa (Pickering y Gray, 1999). Además, la Extraversión se compone, según el modelo de los Cinco Factores, de una serie de facetas que sugieren que esta dimensión se relaciona con la regulación de la aproximación a estímulos positivos (Depue y Collins, 1999), como en el caso de las facetas de Búsqueda de sensaciones o Emociones positivas (Costa y MacCrae, 1992). Incluso se ha planteado la posibilidad de que la Sensibilidad a la Recompensa sea el rasgo que está a la base de las diferencias individuales en Extraversión, debido a que las medidas de ambas variables suelen mostrar correlaciones positivas (Lucas y Diener, 2000; Caseras y cols., 2003).

De este modo, se observa que las variables Extraversión y Sensibilidad a la Recompensa muestran un solapamiento tanto en su definición teórica como en las medidas conductuales de las mismas. Esto lleva a plantearse si estas similitudes existen también a nivel neural. En relación a esta pregunta, el objetivo de este estudio es investigar los correlatos neurales comunes para la Extraversión y la Sensibilidad a la Recompensa, centrándonos en concreto en las variaciones estructurales en cuanto al volumen de sustancia gris. La hipótesis que se plantea es que el solapamiento teórico y conductual que se encuentra entre Extraversión y Sensibilidad a la Recompensa se manifiesta en diferencias individuales en el volumen de sustancia gris de determinadas estructuras cerebrales que serán comunes para ambas variables.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### MUESTRA

La muestra estuvo formada por 57 participantes varones, estudiantes universitarios, con un rango de edad de entre 18-38 años (M: 23,82; DT: 4,02). De ellos, 55 eran diestros y 2 eran zurdos, evaluados mediante el Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971; Bryden, 1977). Ninguno de los participantes tenía diagnosticado un trastorno psiquiátrico o neurológico previo.

### MEDIDAS DE PERSONALIDAD

La Sensibilidad a la Recompensa fue evaluada mediante el cuestionario SCSR (Torrubia et al., 2001) y se obtuvo una puntuación media de 12 (DT: 4,24). El SCSR consta de 48 ítems dicotómicos que evalúan los rasgos de Sensibilidad al Castigo y Sensibilidad a la Recompensa, que corresponden al SIC y el SAC de la teoría de Gray, respectivamente. La Extraversión fue evaluada mediante la versión española del NEO-FFI (Avia, 2000). Este cuestionario consta de 60 ítems politómicos de cinco alternativas y evalúa cada una de las dimensiones definidas desde la teoría de los Cinco Factores (Extraversión, Neuroticismo, Amabilidad, Responsabilidad y Apertura a la experiencia). La media de las puntuaciones fue de 28,71 (DT: 7,53). Los análisis se llevaron a cabo sobre las medidas de Sensibilidad a la Recompensa (SR) y Extraversión (E).

### PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN DE LAS IMÁGENES

Se adquirió un volumen 3D en alta resolución de todo el cerebro con un escáner de resonancia magnética Siemens Avanto (Erlanger, Alemania) de 1.5T, potenciado en T1 (TR: 11ms; TE: 4,9ms, ángulo de inclinación: 90°, tamaño del vóxel = 1mm<sup>3</sup>). Se adquirieron 176 cortes sagitales de 1mm de espesor con una matriz de 256x224mm.

## PRE-PROCESADO DE LAS IMÁGENES

El volumen de sustancia gris fue analizado mediante morfometría basada en el vóxel, utilizando la herramienta VBM 5.1 (<http://dbm.neuro.uni-jena.de/vbm/>) incluida en el software SPM5 (Wellcome Department of Imaging Neuroscience; <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>). Las imágenes se segmentaron en sustancia gris, sustancia blanca y líquido cefalorraquídeo. Los análisis posteriores se realizaron exclusivamente sobre el volumen de sustancia gris. Los cerebros se normalizaron a un espacio estándar proporcionado por el International Consortium for Brain Mapping (ICBM). Posteriormente, las imágenes fueron moduladas para corregir las variaciones de volumen derivadas de la normalización y se aplicó un suavizado espacial mediante un filtro Gaussiano de 6mm.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En primer lugar, con el objetivo de ver si existe relación entre las medidas de personalidad de SR y E se correlacionaron las puntuaciones de ambas escalas, que mostraron una correlación de 0.27 ( $p < .02$ ). A continuación se realizó un análisis factorial exploratorio mediante el método de análisis de componentes principales en el que se introdujeron como variables las puntuaciones de cada sujeto en SR y E. Se obtuvo un autovalor ( $>1$ ) con información sustancial sobre la varianza común disponible (63.7%). Se aplicó una rotación oblicua con un valor de delta de 0.2 y se calcularon los valores de regresión como puntuaciones factoriales para el factor común. El objetivo de éste era determinar si ambas medidas de personalidad tienen un componente común y extraer dicho componente. El análisis factorial mostró un único factor en el que saturaban ambas variables, SR y E. A continuación, se extrajeron las puntuaciones factoriales para cada sujeto, entendiendo que éstas representan la parte que tienen en común las dos medidas de personalidad utilizadas. Las puntuaciones factoriales se correlacionaron con el volumen de sustancia gris ( $p < .005$ ; tamaño mínimo del cluster (k) de 100 vóxels), controlando por la edad y el volumen intracraneal total (TIV, *total intracranial volume*), calculado como la suma del volumen de sustancia gris más el volumen de sustancia blanca.

La relación entre E y SR según ese componente común planteado en el estudio se intentó corroborar mediante un segundo análisis. Para ello las medidas de E y SR se correlacionaron, por separado, con el volumen de sustancia gris ( $p < .005$ ; tamaño mínimo del cluster (k) de 100 vóxels).

## RESULTADOS

El análisis de la correlación entre puntuaciones factoriales y el volumen de sustancia gris mostró una correlación positiva en el cuneus. Se encontró una correlación negativa con el volumen del caudado, del giro fusiforme, ínsula, giro temporal superior y uncus (Tabla 1, Figura 1 (A)).

La correlación entre el volumen de sustancia gris y E mostró correlación positiva en el córtex prefrontal medio, y negativa en el caudado, giro fusiforme e ínsula (Tabla 2, Figura 2).

En cuanto a SR, se encontró una correlación positiva con el volumen del cuneus, y negativa con el volumen del caudado, giro fusiforme, cíngulo anterior y córtex prefrontal (Tabla 3, Figura 2). En la Figura 1 (B y C) se muestra la superposición de los resultados de la correlación para cada escala por separado y el volumen de sustancia gris, con el objetivo de ver qué estructuras mostraban diferencias en cuanto al volumen de sustancia gris para ambas medidas de personalidad.

		Coordenadas	T	k
Correlación positiva	Cuneus	8, -69, 5	3,96	320
Correlación negativa	Caudado	13, -6, 18	4,15	383
	Giro fusiforme	36, -55, 13	4,91	1128
	Ínsula	44, -16, 7	3,87	540
	Giro temporal superior	-46, 55, 28	3,47	131
	Uncus	20, 5, -23	3,79	275

k= tamaño del cluster de vóxels significativos.

T=valores de distribución T-Student para las correlaciones entre variables.

**Tabla 1.** Correlaciones positivas y negativas entre las puntuaciones factoriales y el volumen de sustancia gris ( $p < 0.005$ ,  $k > 100$ ).

		Coordenadas	T	k
Correlación positiva	Cortex prefrontal medio	35, 54, 15	5,15	929
Correlación negativa	Caudado	12, -6, 18	3,25	135
	Giro fusiforme	36, -56, -14	4,3	338
	Ínsula	41, -15, 4	3,85	361

k= tamaño del cluster de vóxels significativos.

T=valores de distribución T-Student para las correlaciones entre variables.

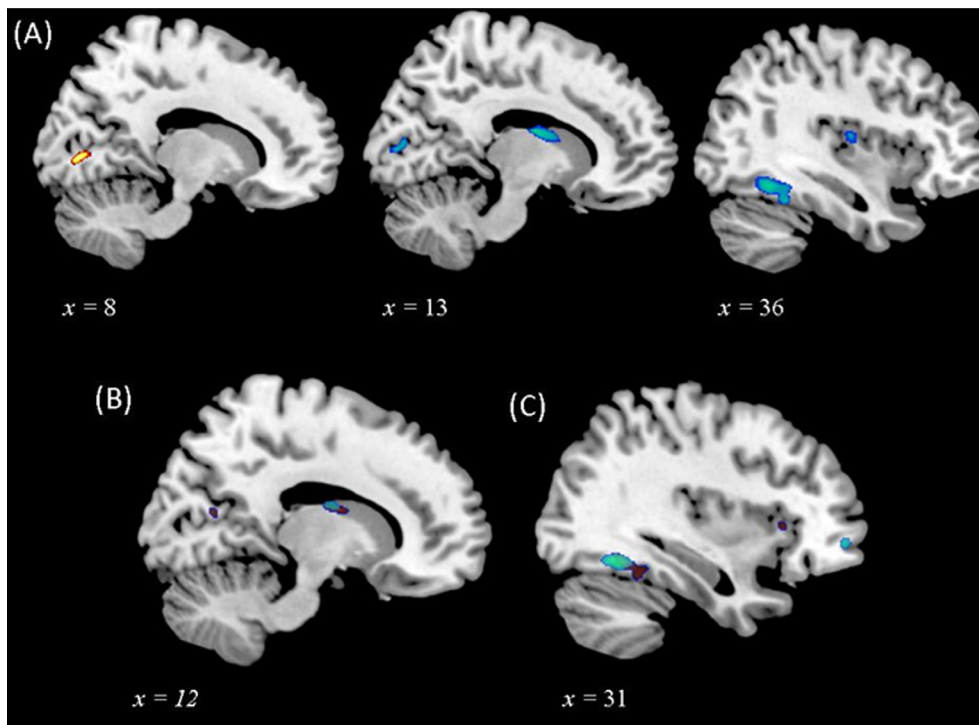
**Tabla 2.** Correlaciones positivas y negativas entre Extraversión y volumen de sustancia gris ( $p < 0.005$ ,  $k > 100$ ).

		Coordenadas	T	k
Correlación positiva	Cuneus	14, -76, 3	3,58	224
Correlación negativa	Caudado	13, -3, 17	3,22	142
	Giro fusiforme	31, -66, -16	3,49	536
	Cíngulo anterior	-5, 26, 29	5,04	549
	Prefrontal	-27, 58, -2	3,64	94

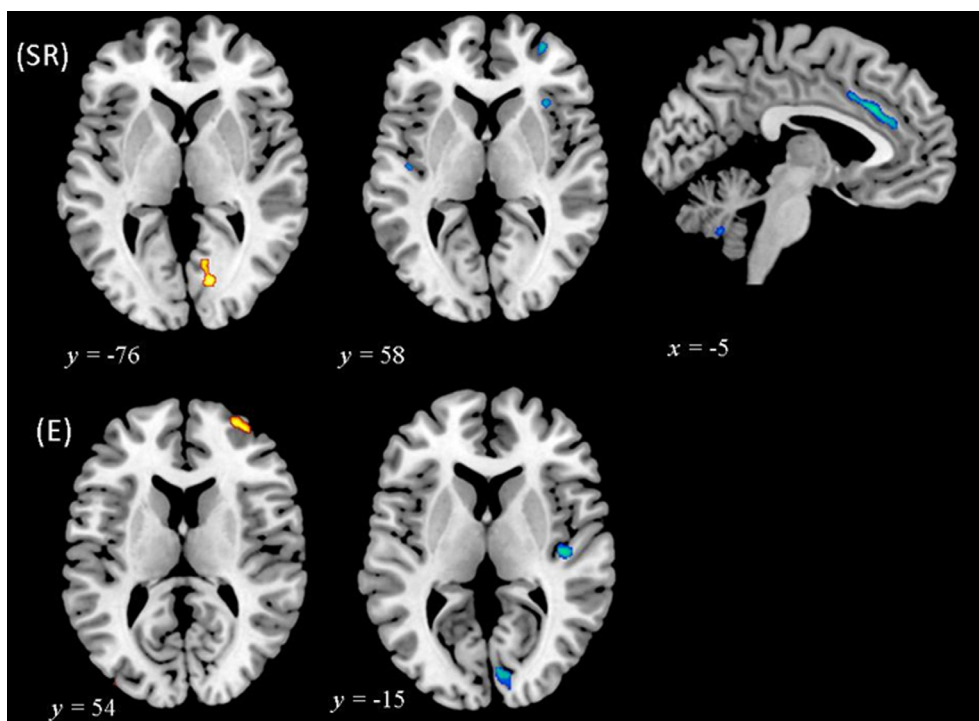
k= tamaño del cluster de vóxels significativos.

T=valores de distribución T-Student para las correlaciones entre variables.

**Tabla 3.** Correlaciones positivas y negativas entre Sensibilidad a la Recompensa y volumen de sustancia gris ( $p < 0.005$ ,  $k > 100$ ).



**Figura 1.** Correlaciones positivas y negativas de las puntuaciones factoriales con el volumen de sustancia gris (A). Correlación negativa superpuesta para E (azul) y SR (violeta) en el caudado (B) y el giro fusiforme (C).



**Figura 2.** Correlaciones positivas (amarillo) y negativas (azul) para SR (en la línea superior) y para E (inferior).

## DISCUSIÓN

Las puntuaciones factoriales como representación del componente común entre E y SR mostraron correlaciones significativas con diferentes estructuras cerebrales, entre las que se encuentran el caudado y el giro fusiforme. Se trata de dos estructuras que ya habían sido relacionadas con E y con SR en estudios previos. En concreto, se había encontrado una correlación negativa entre el volumen del giro fusiforme y E (Wright y cols, 2006), así como una correlación negativa entre el volumen del caudado y la puntuación en SR (Barrós-Loscertales y cols, 2006). Por otra parte, los resultados de este trabajo muestran que SR y E por separado se asocian también con variaciones en el volumen de las mismas estructuras. Por tanto, se observa una relación negativa entre el volumen de sustancia gris del caudado y del giro fusiforme tanto con SR y E por separado como con el componente común representado por las puntuaciones factoriales. Esto señala que el solapamiento teórico y psicométrico entre estas dos medidas de personalidad puede encontrarse también a nivel neural.

Las puntuaciones factoriales mostraron una correlación positiva con el volumen del cuneus, y negativa con otras estructuras como la ínsula, el giro temporal superior y el uncus. Algunas de estas estructuras habían sido asociadas previamente con variables relacionadas con la extraversión. Por ejemplo, la activación del giro temporal superior, la ínsula posterior y el giro fusiforme ha sido relacionada con la extraversión y la apreciación del humor utilizando resonancia magnética funcional (Mobbs y cols, 2005). Por otra parte, la búsqueda de novedad muestra una correlación positiva con la perfusión cerebral en el cuneus (O’Gorman y cols, 2006), y ha sido relacionada con la actividad dopaminérgica en el cortex insular derecho (Suhara y cols, 2001). La ínsula también aparece relacionada con la Extraversión en nuestro estudio. Las medidas de Extraversión y búsqueda de novedad evaluadas mediante cuestionarios suelen mostrar correlaciones positivas (O’Gorman y cols, 2006), y la búsqueda de novedad es una de las facetas que componen el rasgo de Extraversión en el Modelo de los Cinco Factores (Costa y McCrae, 1992). El hecho de que el volumen de la ínsula correlacione con el componente común y con la medida de E, pero no con SR, podría deberse al umbral estadístico. Por otra parte, se ha encontrado una correlación positiva entre E y el volumen del córtex prefrontal medio, que no vemos relacionado con las otras variables. Es posible que esta estructura esté relacionada con el componente propio de la Extraversión, aquello que no comparte con SR.

La correlación positiva que muestran las puntuaciones factoriales con el volumen del cuneus aparece también con la medida de SR. Como hemos dicho, esta estructura se ha relacionado con la búsqueda de novedad. La razón de que el cuneus no muestre correlación con E puede deberse, como en el caso de la ínsula, a un efecto del umbral aplicado. SR se relaciona también con el volumen del córtex prefrontal y el cíngulo anterior. Ambas estructuras han sido relacionadas con medidas de personalidad de Sensibilidad a la Recompensa (Gray y cols, 2005). El cíngulo anterior es una región que se ha relacionado con el control ejecutivo en tareas con elevadas demandas cognitivas (Gray y Braver, 2002), además de con medidas del SAC similares a SR como la medida BAS (Behavioral Approach System) del cuestionario BIS/BAS (Carver y White, 1994). Gray y Braver (2002) encontraron que era posible predecir

la actividad del cíngulo anterior en una tarea de memoria operativa a partir de la medida del BAS. Estudios posteriores han replicado este hallazgo, relacionando la SR también con la activación del córtex prefrontal bilateral, además de otras estructuras (Gray y cols, 2005). Estas relaciones se han encontrado con medidas de la actividad de diferentes áreas cerebrales mediante resonancia magnética funcional. El hecho de que se encuentren también asociaciones a nivel estructural apoya la evidencia previa de que estas estructuras están involucradas en las bases neurales de la Sensibilidad a la Recompensa.

El hecho de que E y SR correlacionen con estructuras cerebrales diferentes, además de con las que tienen en común, puede sugerir que el solapamiento entre estas dos variables es parcial, es decir, que comparten algunas características en cuanto a su definición, manifestaciones y posiblemente bases neurales, pero los rasgos que miden no son exactamente los mismos. En consecuencia, la variabilidad en sus medidas psicométricas se manifiesta en sus asociaciones con las medidas neurobiológicas.

Es importante señalar algunas limitaciones de este estudio que sería conveniente tener en cuenta para investigaciones futuras. En primer lugar, la muestra estaba compuesta únicamente por hombres. Es posible que las relaciones encontradas entre las medidas de personalidad y el volumen cerebral no sean iguales para las mujeres, por lo que sería interesante introducir mujeres en la muestra y considerar el sexo como covariante. En segundo lugar, la aproximación que hemos utilizado no es prototípica en el ámbito de la personalidad y la neuroimagen, dados aspectos teóricos. Sin embargo, este trabajo pretende tener un valor empírico. Se tomaron como medidas de personalidad únicamente dos escalas, pero como hemos dicho, muchos modelos de la personalidad definen variables que se aproximan a la extraversión (Watson & Clark, 1997). Teniendo esto en cuenta, en el futuro sería interesante introducir otras medidas de extraversión, así como de otros rasgos de personalidad como el neuroticismo, que se ha relacionado con el Sistema de Inhibición Conductual de Gray (Smits y Boeck, 2006).

En conclusión, los datos de este trabajo apoyan la existencia de diferencias estructurales en cuanto a volumen de sustancia gris que pueden estar a la base de las diferencias individuales en Extraversión y Sensibilidad a la Recompensa. Más en concreto, lo que parecen señalar los resultados es que estas dos medidas de personalidad comparten no sólo algunos puntos de su definición teórica sino también algunas estructuras cerebrales subyacentes.

## REFERENCIAS

- AVIA, M. D. (2000): *Versión española del Inventario de Personalidad NEO revisado (NEO PI-R) de Costa y McCrae*. Departamento de Psicología Clínica, Universidad Complutense de Madrid.
- BARRÓS-LOSCERTALES, A., MESEGUER, V., SANJUÁN, A., BELLOCH, V., PARCET, M.A., TORRUBIA, R. y ÁVILA, C. (2006): «Striatum gray matter reduction in males with an overactive behavioral activation system», *European Journal of Neuroscience*, 24: 2071-2074.



- BRYDEN, M. P. (1977): «Measuring handedness with questionnaires», *Neuropsychologia*, 15: 617-624.
- CARVER, C.S. y WHITE, T. (1994): «Behavioural inhibition, behavioural activation, and affective responses to impending reward and punishment: the BIS/BAS scales», *Journal of Personality and Social Psychology*, 67: 319-333.
- CASERAS, X., ÁVILA, C. y TORRUBIA, R. (2003): «The measurement of individual differences in Behavioural Inhibition and Behavioural Activation Systems: a comparison of personality scales», *Personality and individual differences*, 34: 999-1013.
- CORR, P.J. (2004): «Reinforcement sensitivity theory and personality», *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 28: 317-332.
- COSTA, P.T. y McCRAE, R.R. (1989): «Rotation to maximize the construct validity of factors in the NEO personality inventory», *Multivariate Behavioral Research*, 24: 107-124.
- COSTA, P.T. y McCRAE, R.R. (1992): *Revised NEO Personality Inventory (NEOPI-R) and Five Factor Inventory (NEO-FFI) professional manual*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.
- DEPUE, R.A. y COLLINS, P. (1999): «Neurobiology of the Structure of Personality: Dopamine, facilitation of incentive motivation, and extraversion», *Behavioral and Brain Sciences*, 22: 491-569.
- GRAY, J.A. (1970): «The psychophysiological basis of Introversion-Extraversion», *Behaviour Research and Therapy*, 8: 249-266.
- GRAY, J.A. (1987): *The psychology of fear and stress*. Cambridge, UK: Cambridge University.
- GRAY, J.A. y McNAUGHTON, N. (2000): *The neuropsychology of anxiety: An enquiry into the functions of the septo-hippocampal system*. Oxford: Oxford University.
- GRAY, J.R. y BRAVER, T.D. (2002): «Personality predicts working-memory-related activation in the caudal anterior cingulate cortex», *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 2 (1): 64-75.
- GRAY, J.R., BURGESS, G.C., SCHAEFFER, A., YARKONI, T., LARSEN, R.J. y BRAVER, T.S. (2005): «Affective personality differences in neural processing efficiency confirmed using fMRI», *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 5 (2): 182-190.
- LUCAS, R.E., DIENER, E., GROB, A., SUH, E.M. y SHAO, L. (2000): «Cross-cultural evidence for the fundamental features of Extraversion», *Journal of Personality and Social Psychology*, 79: 452-468.
- MOBBS, D., HAGAN, C.C., AZIM, E., MENON, V. y REISS, A.L. (2005): «Personality predicts activity in reward and emotional regions associated with humor», *PNAS*, 102: 16502-16507.

- O'GORMAN, R.L., KUMARI, V., WILLIAMS, S.C.R., ZELAYA, F.O., CONNOR, S.E.J., ALSOP, D.C. y GRAY, J. A. (2006): «Personality factors correlate with regional cerebral perfusion», *NeuroImage*, 31: 489-495.
- OLDFIELD R.C. (1971): «The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory», *Neuropsychologia*, 9: 97-113.
- PICKERING, A. y GRAY, J.A. (1999): «The neuroscience of personality», en PERVIN L., JOHN O. (Eds.), *Handbook of personality: theory and research*. New York: Gilford Press. 227-299.
- SMITS, D.J.M. y BOECK, P.D. (2006): «From BIS/BAS to the Big Five», *European Journal of Personality*, 20: 255-270.
- SUHARA, T., YASUNO, F., SUDO, Y., YAMAMOTO, M., INOUE, M., OKUBO, Y. y SUZUKI, K. (2001): «Dopamine D2 Receptors in the Insular Cortex and the Personality Trait of Novelty Seeking», *NeuroImage*, 13: 891-895.
- TORRUBIA, R., ÁVILA, C., MOLTÓ, J. y CASERAS, X. (2001): «The Sensitivity to Punishment and Sensitivity to Reward Questionnaire (SPSRQ) as a measure of Gray's anxiety and impulsivity dimensions», *Personality and individual differences*, 31: 837-862.
- WATSON, D. y CLARK, L.A. (1997): «Extraversion and its positive emotional core», en R. HOGAN, J. JOHNSON y S. BRIGGS (Eds.), *Handbook of personality psychology*. San Diego, CA: Academic. 767-793.
- WRIGHT, C.I., WILLIAMS D., FECZKO, E., BARRETT, L.F., DICKERSON, B.C., SCHWARTZ, C.E. y WEDIG, M.M. (2006): «Neuroanatomical correlates of Extraversion and Neuroticism», *Cerebral Cortex*, 16: 1809-1819.