

Neuroimágenes y neurodisciplinas: sobre ciertas limitaciones de la utilización de la imagen por resonancia magnética funcional (irmf)

Neuroimaging and Neuro-disciplines: on certain limitations concerning the use of fMRI

ALFREDO MARTÍNEZ SÁNCHEZ

Resumen: La eclosión de las neurodisciplinas está conectada con el amplio y creciente uso de neuroimágenes en neurociencia cognitiva, en particular de las obtenidas mediante resonancia magnética funcional. Sin embargo, la aplicación de estudios sobre el cerebro basados en esta técnica a la filosofía, la ética o el derecho, entre otros campos, no es tan clara como a veces se supone y encuentra importantes limitaciones.

Palabras clave: Neurodisciplinas, Neuroimágenes, IRMf, Neurocultura, Lectura cerebral/mental.

Abstract: The emergence of neuro-disciplines is connected with the wide and increasing use of neuroimaging in cognitive neuroscience, particularly that obtained by fMRI. However, the application of brain research based on this technique to philosophy, ethics or law, among other fields, is not as clear as is sometimes supposed to be and has to face significant difficulties.

Key words: Neuro-disciplines, Neuroimaging, fMRI, Neuroculture, Brain/Mind Reading.

La eclosión de las neurodisciplinas¹ se encuentra asociada al desarrollo de las técnicas de neuroimagen y en particular al uso de la imagen por resonancia magnética funcional (IRMf). Propongo esta idea, formulada en un sentido deliberadamente amplio, como una premisa que puede ser asumida en tanto que mero dato histórico, su fundamentación no es el objetivo de este trabajo y únicamente comentaré algunos ejemplos a título de ilustración².

Fecha de recepción: 27/02/2013. Fecha de aceptación: 12/06/2013.

- 1 Aunque propiamente este término incluye en primer lugar la neurociencia con sus múltiples ramas o subdisciplinas, aquí la usaré preferentemente para referirme a la aplicación de los estudios sobre el cerebro a campos tradicionalmente pertenecientes a las ciencias sociales y a las humanidades.
- 2 V., también, Vidal y Ortega (2012) quienes expresamente señalan: «La gran mayoría de estudios en los nuevos campos neuroculturales usan resonancia magnética funcional» (p. 346). Como señala Roskies (2010), uno de los motivos por los resulta aún hoy significativa la crítica que Van Order y Paap hicieron hace más de una década a la viabilidad de los métodos abstractivos en neuroimagen es precisamente el interés y la repercusión que las técnicas de neuroimagen han encontrado entre sociólogos, economistas, y filósofos (p. 636). Muy probablemente la principal razón de esta vinculación ha sido la importancia creciente de la IRMf en neurociencia cognitiva (cf., por ejemplo, Logothetis 2008, Racine et al., 2005, Poldrack 2008).

Mi intención es señalar algunas de las limitaciones de la IRMf que deberían tenerse en cuenta a la hora de aplicar los estudios basados en esta técnica a campos como la filosofía y la ética o el derecho y el proceso judicial³. En términos generales estas limitaciones podrían ser clasificadas en dos categorías: por una parte, dificultades empíricas, de tipo técnico y metodológico, que no tendrían que ser, en principio, insalvables⁴; y por otra, las que podríamos llamar limitaciones fundamentales, es decir, limitaciones que no es probable que sean superadas simplemente mediante el perfeccionamiento de la técnica, el apropiado diseño de los experimentos, y el buen uso de los procedimientos estadísticos. Ambos tipos de limitaciones aconsejan que las conclusiones de índole psicológica y cognitiva basadas en la IRMf deban ser recibidas con la máxima cautela, especialmente cuando parecen imponer cierta restricción filosófica o poseen implicaciones éticas y sociales —lo que no significa negar el valor relativo y adecuadamente delimitado que la técnica pueda tener en determinadas circunstancias—.

El primero de los ejemplos a los que antes me he referido como ilustración de la conexión entre neuroimagen y neurodisciplinas es el libro de Francisco Mora *Neurocultura*⁵. Al considerar las aplicaciones de la neurociencia al derecho y a la jurisprudencia Mora afirma: «ya se podrían utilizar técnicas, de modo similar a como se hace con las medidas del ADN o las huellas digitales, para demostrar no sólo si hay lesiones o patologías del cerebro, sino incluso para conocer los ocultamientos mentales de las personas en casos claros de su implicación en causas criminales» (p. 28). Las técnicas a las que Mora alude son muy probablemente las técnicas de neuroimagen, que, como el mismo autor hace, han comenzado a ser consideradas las puertas de la «lectura cerebral». «Leer el pensamiento —declara Mora— ha sido, hasta ahora, un tema de la ciencia ficción [...]. La neurociencia comienza ahora un capítulo nuevo en este sentido que se empieza a conocer como «lectura cerebral» (*brain reading*). Se trata de la capacidad técnica y los conocimientos científicos capaces para llegar a conocer, a partir de los registros de la actividad cerebral, lo que piensa una persona sin que ella lo manifieste o declare» (p. 99). La referencia bibliográfica que en el texto de Mora apoya estas afirmaciones es un artículo de 2006 aparecido en *Nature* con el título «Decoding mental states from brain activity in humans» y que se sitúa claramente a favor del uso cognitivo de la neuroimagen. Aunque solo sea para obtener una primera impresión puede resultar significativo comparar la declaración de Mora respecto a la ciencia ficción —«Leer el pensamiento ha sido, hasta ahora, un tema de ciencia ficción»— con la de los autores del artículo: «[...] estos alentadores primeros pasos no deben oscurecer el hecho de que un «dispositivo de lectura cerebral general» es aún ciencia ficción» (Haynes y Rees 2006, p. 529)⁶. Con esta comparación quiero

3 Algunas de estas limitaciones pueden ser igualmente aplicables a otras técnicas de neuroimagen. Por otra parte, no considero aquí las aplicaciones clínicas de la IRMf.

4 Cabría distinguir aquí, a su vez, entre dificultades derivadas de un uso inapropiado o insuficiente de los medios actualmente disponibles («la neuroimagen es difícil», en el sentido en que Roskies (2010) ha usado esta expresión), y dificultades derivadas del propio estado de la tecnología actualmente disponible.

5 La lista de neurodisciplinas o «disciplinas-“neuro”» (v., Mora 2007, pp. 25-28) incluye, entre otras, la neurofilosofía, la neuroética, la neurosociología, la neurolingüística, la neuroeconomía, el neuromarketing, el neuroarte, la neuroestética, y la neuroteología.

6 Aunque Mora acaba reconociendo que el logro de una máquina lectora del pensamiento es todavía hoy un tema de ciencia ficción, afirma que nos dirigimos hacia ella: «la realidad es que caminamos hacia una tecnología que eventualmente podrá volverse capaz de hacer un *bypass* a las vías clásicas de comunicación, como la expresión

indicar que, si distinguimos entre, *grosso modo*, los autores que defienden las aplicaciones cognitivas de las técnicas de neuroimagen, (los *optimistas*), y aquellos que son más bien críticos, (los *escépticos*), incluso entre los primeros encontramos, cuando son rigurosos, una cautela que tiende a desvanecerse en textos divulgativos inmersos en la euforia neurocultural.

Incluso una obra tan equilibrada y seria como *Neuroética y Neuropolítica* de Adela Cortina asume la noción de «lectura cerebral» y, aunque es cierto que indica posibles limitaciones (v., p. 30), la presenta en términos que reproducen casi literalmente las palabras de Mora (al cual, por otra parte, dirige varios dardos a lo largo del libro): «Conviene recordar en este punto que la «lectura cerebral» consiste en la capacidad técnica y los conocimientos científicos para llegar a conocer lo que piensa una persona sin que los manifieste a partir de los registros de la actividad cerebral» (p. 69). Es cierto que es posible predecir con una alta probabilidad de éxito algunos estados mentales (más bien *tipos* de estados) a partir no de datos cerebrales *per se*, sino a partir de datos que, se asume, reflejan la actividad neural, bajo determinadas condiciones experimentales, pero estamos lejos de poder saber lo que realmente piensa una persona. Incluso si pudiéramos tener acceso directo a su actividad neuronal no está claro que del mero conocimiento de tal actividad se pudiera inferir inmediatamente su actividad mental detallada⁷.

Para empezar puede resultar conveniente recordar al carácter fundamentalmente indirecto y elaborado de las neuroimágenes, en concreto de las obtenidas mediante resonancia magnética funcional. La serie de pasos que conectan la actividad mental con la imagen finalmente producida introducen la posibilidad de que se den, como veremos, errores de distinta índole.

Podemos considerar que uno de los factores críticos en la expansión de las neurodisciplinas ha sido el desarrollo de las técnicas de neuroimagen en la medida en que han permitido por primera vez en la historia registrar la actividad del cerebro «en vivo y en directo». Esto ha hecho posible el estudio de correlaciones entre la actividad cerebral y determinados estados y procesos mentales. Pero, hay que advertir que, en primer lugar, se trataría solo de correlaciones (determinar relaciones causales requeriría procedimientos o argumentos adicionales), y en segundo lugar, que lo que en todo caso se establecería no es directamente el correlato neuronal del estado mental, sino la correlación indirecta entre los datos de la neuroimagen (lo que podríamos llamar, en lugar de correlato neuronal, «correlato-imagen» o «correlato neuroimagenológico») y el estado mental. Como es bien sabido, entre las neuroimágenes y los estados mentales existe una considerable distancia. En contra de la

oral o el lenguaje corporal que controla voluntariamente una persona, y saber que está pensado a través de la pura lectura de la actividad cerebral» (Mora 2007, p. 101). Haynes y Rees consideran que la descodificación de los estados mentales o «lectura cerebral» es, en principio, posible, sin embargo, muestran sus dudas con respecto a si esta descodificación puede llevarse a cabo con los métodos de neuroimagen actualmente disponibles. Aunque el tono general del artículo es más bien positivo (basado en gran medida a los nuevos métodos de análisis multivariado), los autores reconocen que un dispositivo de lectura cerebral general es aún, literalmente, «ciencia ficción» (Haynes y Rees 2006, p. 529). Igualmente señalan que es necesario mantener la cautela para interpretar los resultados de la decodificación mediante IRMf ya que la base neuronal de la señal BOLD no es enteramente comprendida (p. 529).

7 No tenemos una teoría que permita llevar a cabo esta inferencia como tal, y es posible que nunca la tengamos si la fisura explicativa (*the explanatory gap* —Levine 1983) entre lo neural y lo mental no es completamente superada. En este sentido no hay una «lectura» directa de lo mental en lo cerebral, sino en todo caso ciertas predicciones basadas en correlaciones que requieren disponer previamente de información en ambos niveles.

impresión popular las neuroimágenes no son como fotografías del cerebro en acción, sino construcciones teóricas a partir de ciertos datos que se supone son índices de la actividad metabólica del cerebro. Podríamos hablar así de una doble correlación: la que se establece entre la mente y el cerebro, y la que se establece entre el cerebro y, vía a actividad metabólica, la neuroimagen.

La IRMf (al igual que sucede con otras técnicas) no mide directamente eventos neurales, sino que mide cambios metabólicos que se supone son los correlatos de la actividad neuronal. El supuesto general es que el aumento del consumo de energía, fundamentalmente del oxígeno transportado por la sangre, es un indicador de la ocurrencia de un proceso neuronal y por ende mental. Esta metodología aprovecha las propiedades magnéticas de la hemoglobina. Cuando el oxígeno de la sangre es absorbido la hemoglobina se desoxigena, y esa hemoglobina desoxigenada presenta, a diferencia de la hemoglobina «normal» oxigenada (oxihemoglobina), una respuesta en términos magnéticos (es paramagnética). El aparato detecta la diferencia entre la oxihemoglobina y la hemoglobina desoxigenada, esta diferencia (ratio) es designada mediante el acrónimo BOLD (*blood oxygenation level-dependent*)⁸. Al aumentar la concentración relativa de la oxihemoglobina se produce un incremento de la señal BOLD.

Una vez que se han obtenido los datos basados en la señal BOLD es necesario llevar a cabo un complejo procesamiento de los mismos. El cerebro es dividido en miles de porciones llamadas *voxels* (unidad cúbica de un objeto tridimensional) con unas coordenadas tridimensionales que se hacen encajar con un modelo que usan la mayoría de los laboratorios (*normalización*). También deben hacerse determinados ajustes para corregir los movimientos de la cabeza del sujeto. A continuación se realiza un tratamiento matemático (*suavizado o smoothing*) para aumentar la ratio señal-ruido y facilitar la detección de regiones comunes de actividad entre individuos. Finalmente, los resultados obtenidos son analizados estadísticamente e interpretados. El tratamiento estadístico común es el del «modelo lineal general», en el que cada vóxel es analizado de forma independiente y cuando se considera que un vóxel alcanza significación estadística se le asigna un color. Recientemente han comenzado a aplicarse otros modelos, como el análisis multivariado, que según algunos autores permitirían llevar a cabo cierto tipo de lectura o decodificación cerebral mediante la medición simultánea de la actividad cerebral en muchas localizaciones (Haynes y Ress 2006). La complejidad de este tratamiento estadístico escapa a los no iniciados, pero en cualquier caso es posible constatar que estamos ante una cuestión discutida que involucra decisiones de las que dependerán los resultados finales⁹.

Por último, la interpretación de las imágenes así obtenidas depende, a su vez, del modelo cognitivo asumido y del conocimiento de los procesos neurocognitivos implicados en el

8 A su vez, esta medición se realiza, en términos simples, mediante la emisión de ondas electromagnéticas que afectan a los átomos de hidrógeno, cuya respuesta es registrada.

9 Como ha sido puesto de manifiesto, por ejemplo, con la controversia surgida a partir de la publicación (en realidad, a partir de su prepublicación en internet) del artículo de Vul et al., (2009). En este trabajo los autores denunciaban que estudios basados en IRMf sobre la emoción, la personalidad y la cognición social, que establecían una alta correlación entre la activación cerebral y las correspondientes conductas consideradas, habían usado procedimientos que producían correlaciones injustificadamente altas. Otro caso que ha tenido una amplia cobertura mediática ha sido el del salmón muerto que fue escaneado mediante RMf dando como resultado cierta aparente actividad cerebral (Bennett et al., 2009). Este fallo evidente fue solventado por los autores aplicando las técnicas estadísticas convencionales de corrección.

experimento (en resumen, depende de nuestros conocimientos sobre la mente), así como de las inferencias que puedan hacerse a partir de los datos de la señal BOLD y del correspondiente tratamiento estadístico¹⁰.

En los estudios basados en IRMf suele hablarse del área o áreas activas cuando se produce una determinada tarea o conducta. Cuando se habla de áreas activas obviamente se trata de una activación relativa, ya que el cerebro siempre está activo, e incluso distintas áreas pueden estar significativamente activas al mismo tiempo¹¹. La respuesta de la señal BOLD tiene que ser comparada, por tanto, con una o más respuestas de referencia. Es crucial que la tarea de control que proporciona el valor de referencia y la tarea experimental estén adecuadamente elegidas y ajustadas, pero consideremos con algo más de atención lo que significa que una región esté activa.

Básicamente significa que la señal obtenida (BOLD en el caso de la IRMf) en una determinada región cerebral y en una determinada condición es mayor que la obtenida en esa misma región en otra condición con la que se compara. Sin embargo, que una región se active no quiere decir que sea LA región responsable —en términos neurales— de la tarea estudiada, ya que una región puede activarse por otras razones. La activación puede reflejar, por ejemplo, el uso de algún mecanismo general, como un aumento de la atención, o que la región está recibiendo inputs pero no está respondiendo a ellos. Esta última posibilidad lleva a la distinción entre activación y excitación (Ward 2010). Podría decirse que la activación no es propiamente una categoría o un fenómeno neuronal ya que, directamente, solo concierne a la respuesta hemodinámica (e incluso en este nivel tampoco es un dato inmediato sino el resultado de una cierta elaboración). Paralelamente, se debe distinguir entre desactivación e inhibición. Mientras que la activación y la desactivación suelen referirse a la diferencia de señal entre dos condiciones, la excitación y la inhibición se refieren al mecanismo de comunicación entre neuronas. Hay al menos dos cuestiones relevantes que señalar en este contexto: una, es que no hay una respuesta simple o inmediata a la pregunta de porqué se produce la diferencia en la señal; dos, que regiones inhibidas pueden aparecer como activadas (ya que las neuronas pueden estar metabólicamente activas tanto por interacciones inhibitorias como por interacciones excitatorias).

Logothetis (2008) ha indicado la importancia de esta diferencia entre activación y excitación, ya que tanto procesos excitatorios como procesos inhibitorios pueden producir

10 Klein (2010) ha argumentado que la IRMf no puede suministrar evidencia a favor o en contra de hipótesis funcionales sobre áreas y redes del cerebro. Una idea básica en la posición de Klein es que el cerebro es un sistema causalmente denso. Esto significa básicamente que, dada la masiva interacción causal de cerebro, una tarea experimental puede causar la activación de neuronas que no son directa y funcionalmente su correlato específico. Según Klein los cambios en la señal BOLD no justifican las hipótesis funcionales, aunque su argumentación pasa por una discusión más pormenorizada del uso estadístico de hipótesis nulas, su conclusión es, en resumen, que no es posible distinguir cambios estadísticamente significativos de cambios no significativos en el nivel BOLD. Para una actitud optimista ante problemas relacionados específicamente con el tipo de inferencias que pueden ser sustentadas por IRMf véase Poldrack (2006, 2008), si bien el autor reconoce también ciertas limitaciones, así como la relevancia de algunas cuestiones éticas que el uso de esta tecnología suscita.

11 Entre otros posibles motivos porque la tarea ordenada al sujeto difícilmente va a activar un solo circuito o una sola área cerebral. Por ejemplo, si el sujeto debe leer o escuchar la orden o las instrucciones, o realizar ciertos movimientos, se activarán también áreas relacionadas con estos procesos. La tarea también puede involucrar la activación de áreas implicadas en los procesos de atención o memoria.

activación en el sentido descrito¹², poniendo de relieve la distancia entre la naturaleza de la actividad cerebral y la naturaleza del flujo sanguíneo y de su correspondiente actividad metabólica. Logothetis reconoce la utilidad de la IRMf para el estudio de la organización cerebral, pero señala que hay numerosas cuestiones fundamentales que afectan a la interpretación de los datos y que las conclusiones obtenidas frecuentemente ignoran las limitaciones de la metodología (p. 869)¹³.

Sobre la cuestión de la lectura mental/cerebral este destacado neurocientífico afirma que la fascinación popular suscitada por la IRMf se refleja en incontables artículos de prensa que especulan con sus potenciales aplicaciones y parecen indicar que con esta técnica podemos leer las mentes. Sin embargo, en base a las limitaciones consideradas, Logothetis puntualiza: «De hecho, *la IRMf no es y nunca será un lector mental*, como algunos de los proponentes del método basado en la descodificación sugieren» (p. 869 —el énfasis es mío). Igualmente, añade, tampoco es una especie de «neofrenología» sin valor (Ibíd.).

En relación con las limitaciones que he llamado fundamentales, frente a las meramente técnicas o metodológicas, Logothetis señala que las limitaciones de la IRMf no se resolverán con el perfeccionamiento de la tecnología, ya que se deben a la circuitería y a la organización funcional del cerebro (así como a protocolos experimentales inapropiados que ignoran esta organización) (pp. 876-877). En última instancia no es tanto, en su opinión, un problema de medición de la actividad metabólica y hemodinámica, sino de precisar la relación entre esta y la actividad neuronal, para lo cual la IRMf resulta insuficiente y debe ser complementada con otras técnicas.

Para terminar consideraré en primer lugar algunos ejemplos del uso de neuroimágenes en cuestiones de índole jurídica y criminológica, y finalmente presentaré la reflexión propuesta por Steven Rose con respecto a la lectura cerebral/mental.

Aún aceptando que las neuroimágenes expresaran una correlación entre determinados procesos cerebrales y procesos cognitivos, su aplicación al ámbito criminológico y judicial presenta problemas. En primer lugar, hemos de recordarlo una vez más, lo que se establece son correlaciones, no relaciones causales, por este motivo no se puede descartar de entrada que los cambios neuronales sean un resultado, más que causa, de la conducta criminal (Henry y Plemmons 2012, p. 578).

Adrian Raine y su equipo han llevado a cabo una serie de estudios para correlacionar mediante técnicas de neuroimagen variaciones funcionales y estructurales del cerebro con conductas criminales violentas. Compararon el cerebro de grupos de control con el de reclusos condenados por homicidio y con el de psicópatas encontrando determinadas diferencias; por ejemplo, en el caso de los psicópatas el volumen del cortex prefrontal era menor (v., entre otros, Raine, Lencz, Bihrlé, Lacasse, y Colletti 2000). Esto ha llevado a autores de prestigio como Michael Gazzaniga —con una considerable influencia mediática— a afirmar que tales estudios sugieren que «su conducta amorala [de los psicópatas] se debe a malfor-

12 Por ejemplo, la inhibición puede tanto aumentar como disminuir el consumo energético en el que se basa la señal BOLD. En términos generales, pueden darse cambios en la actividad neuronal que no se trasladan a la señal BOLD y, por tanto, escapan a la medición hemodinámica.

13 Todas las técnicas basadas en datos hemodinámicos lo que miden es una señal vicaria cuya especificidad espacial y cuya respuesta temporal están sujetas a particulares constricciones físicas y biológicas, y que refleja únicamente actividad neuronal en masa.

maciones específicas en la estructura cognitiva del cerebro», concluyendo que «[a]l parecer, los psicópatas nacen y no se hacen» (Gazzaniga 2010, p. 159).

Henry y Plemmons (2012), señalan dos circunstancias que muestran las limitaciones de este tipo de estudios, indicando, por tanto, que deben ser recibidos con cautela. Por una parte, no se sabe hasta qué punto el conjunto de reclusos estudiado es una muestra representativa, ya que solo representa a aquellos que han sido capturados y condenados por el delito de homicidio. Por otra parte, los sujetos de estos estudios también padecían al parecer de distintos problemas psiquiátricos, por lo que no se podría descartar que las características de sus cerebros tuvieran más relación con tales problemas que con las causas que llevan a una persona a cometer un homicidio (p. 579).

Sobre la cuestión de la relación causal entre características cerebrales y conducta hay, además, estudios que sugieren que el contexto social, la posición y la conducta pueden cambiar la biología cerebral, especialmente la química cerebral.

Todo esto lleva a los autores a concluir que «la cuestión de la relación entre cerebro, medio ambiente, y conducta es más compleja de lo que los estudios de imaginería cerebral actuales pueden revelar» (p. 580).

Al considerar la detección de la mentira mediante IRMf Henry y Plemmons presentan como «cuestionables» los supuestos en los que se basa el valor atribuido a esta técnica. Estos supuestos son, en realidad, aplicables a la validez de la IRMf en general —como vía para llegar a conclusiones cognitivas y psicológicas— con pequeñas modificaciones (como sustituir las mentiras por otra conducta en el segundo supuesto). Los supuestos son:

- 1) El flujo sanguíneo en el cerebro corresponde a la actividad cerebral.
- 2) Ciertas áreas del cerebro son más activas cuando las mentiras se está produciendo (las mentiras requieren mayor «trabajo cerebral» que la verdad).
- 3) Ciertas áreas del cerebro son responsables de diferentes funciones.

Estudios basados en la activación de determinadas áreas cerebrales han llevado a considerar que «las diferencias cognitivas entre engaño y verdad tienen correlatos neurofisiológicos detectables mediante IRMf» (Langleben et al. 2006 —citado en Henry y Plemmons 2012, p. 580). Estos estudios han desembocado, con ayuda de los medios de comunicación y el impulso de intereses comerciales, en la idea que es posible determinar científicamente si alguien miente, tanto para fines particulares como judiciales y policiales. Sin embargo, los estudios en los que se basa son aún insuficientes, entre otras razones porque se han realizado sobre mentiras triviales, en condiciones de laboratorio (en las que la tarea está precisada de un modo que no se da en la vida real), y no se han probado con personas con costumbre o habilidad para mentir o disimular (como criminales o jugadores de póquer). Podría ocurrir que en el caso de criminales profesionales lo que requiriera mayor «esfuerzo cerebral», por así decirlo, fuera la verdad y no la mentira. Además, existen factores culturales no contemplados sobre lo que es correcto o aceptable ocultar o comunicar¹⁴.

Tras esta revisión, breve, aunque espero que suficiente para suscitar serias cautelas ante ciertos usos de las técnicas de neuroimagen y en particular de la IRMf, concluiré con la

14 Por otra parte, posteriores estudios han puesto de manifiesto la escasa fiabilidad de este tipo de test (v., Henry y Plemmons 2012, p. 581).

expresiva reflexión que Steven Rose ha propuesto con respecto a la posibilidad de la lectura mental o cerebral.

Imaginemos un aparato extraordinariamente sofisticado, el *cerebroscope*, que sería un verdadero «lector cerebral», un artefacto capaz de registrar la actividad cerebral de una manera completa y precisa y de interpretar su correlato mental. ¿Qué es lo que este aparato podría leer? Rose considera el ejemplo de «ver un autobús rojo viniendo hacia mí» (Rose 2012, p. 62). Si registramos los datos neurales cuando tal suceso ocurre la «lectura cerebral» podría decirnos a lo sumo que hay un objeto con un tamaño y forma determinados, moviéndose en una determinada dirección y a una determinada velocidad, pero ¿podría decirnos que se trata de un autobús? Nosotros sabemos que es un autobús porque intervienen otros procesos neuronales relacionados con la memoria y el significado de las palabras. El aparato podría también registrar la actividad neuronal relacionada con la emociones (¿Estoy en peligro de que me atropelle? ¿Estoy esperándolo tranquilamente?) y las acciones (¿Estoy apunto de subir?). Pero ¿Podría el aparato ofrecer una lectura del tipo «lo que la persona, Steven Rose, asociada con este cerebro, está experimentando es un autobús rojo viniendo hacia él y que está en peligro de ser atropellado por él» (pp. 62-63). La respuesta de Rose es negativa, casi con total seguridad, principalmente porque la interpretación de los patrones de disparo de cualquier neurona dependen en gran medida de su historia, y por lo tanto de las diferencias individuales resultantes de la historia de cada persona. Así, neuronas que en una persona responden a «rojo» podrían estar implicadas en otra persona en la respuesta a «azul». Esto es aún más claro en el caso de la memoria: los patrones de disparo neuronal y conectividad de *mi* cortex inferotemporal que corresponden a *mi* recuerdo o a *mi* reconocimiento de un autobús pueden ser diferentes de los de otra persona, aunque el resultado sea el mismo. Esto es debido a que nuestra experiencia de los autobuses y la manera de almacenarla neuronalmente es diferente. El *cerebroscope* necesitaría no solo registrar la actividad neuronal actual sino también la pasada, o como dice Rose «necesita haber estado acoplado a mi cerebro y a mi cuerpo desde mi concepción —o al menos desde mi nacimiento—, para ser capaz de registrar mi historia neural y hormonal completa» (p. 63). Entonces, y solo entonces, sería posible decodificar completamente la información neuronal.

Referencias

- BENNETT, C., MILLER, M., y WOLFORD, G. (2009), «Neural correlates of interspecies perspective taking in the post-mortem Atlantic salmon: An argument for multiple comparisons correction». *Neuroimage*, 47, S125. Doi: 10.1016/S1053-8119(09)71202-9.
- CORTINA, A. (2011), *Neuroética y Neuropolítica. Sugerencias para la educación moral*. Madrid: Tecnos.
- GAZZANIGA, M. S. (2010), *¿Qué nos hace humanos? La explicación científica de nuestra singularidad como especie*. Barcelona: Paidós.
- HAYNES, J.-D., y REES, G. (2006), «Decoding mental states from brain activity in humans». *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 523-534.
- HENRY, S., y PLEMMONS, D. (2012), «Neuroscience, Neuropolitics and Neuroethics: The complex case of crime, deception and fMRI». *Science and Engineering Ethics*, 18, 573-591.

- HUETTEL, S., A., SONG, A., W., y MCCARTHY, G. (2009), *Functional Magnetic Resonance Imaging*. Sunderland (MA): Sinauer Associates.
- KLEIN, C. (2010), «Images are not the evidence in neuroimaging». *The British Journal for the Philosophy of Science*, 61, 265-278.
- LEVINE, J. (1983), «Materialism and Qualia: The Explanatory Gap». Reimpreso en Chalmers, D. J. (ed.), (2002), *Philosophy of mind: Classical and contemporary readings*. New York: Oxford University Press, 354-361.
- LOGOTHETIS, N. K. (2008), «What can we do and what we cannot do with fMRI». *Nature*, 453, 869-878.
- MAESTÚ, F., RÍOS, M., y CABESTRERO, R. (2007), *Neuroimagen: Técnicas y procesos cognitivos*. Barcelona: Elsevier.
- MORA, F. (2007), *Neurocultura. Una cultura basada en el cerebro*. Madrid: Alianza.
- POLDRACK, R. A. (2006), «Can cognitive processes be inferred from neuroimaging data? *Trends in Cognitive Sciences*, 10, 59-63.
- (2008), «The role of fMRI in cognitive neuroscience: where do we stand? *Current Opinion in Neurobiology*, 18, 223-227.
- RACINE, E., BAR-LLAN, O., e ILLES, J. (2005), «fMRI in the public eye». *Nature Reviews Neuroscience*, 6, 159-164.
- RAINE, A., LENCZ, T., BIHRLE, S., LACASSE, L., y COLLETTI, P. (2000), «Reduced prefrontal gray matter volume and reduced autonomic activity in antisocial personality disorder». *Archives of General Psychiatric*, 57, 119-127.
- ROSE, S. (2012), «The need for a critical neuroscience». En Choudhury, S., y Slaby, J. (eds.), *Critical Neuroscience: A Handbook of the Social and Cultural Contexts of Neuroscience*. Oxford: Blackwell, 53-66.
- ROSKIES, A. L., (2010), «Saving subtraction: A reply to Van Orden and Paap». *British Journal for the Philosophy of Science*, 61, 635-665.
- VAN ORDEN, G., C. y PAAP, K. R. (1997), «Functional neuroimages fail to discover pieces of mind in parts of the brain». *Philosophy of Science*, 64, S85-S94.
- VIDAL, F., y ORTEGA, F. (2012), «Are there neural correlates of depression?». En CHOUDHURY, S., y SLABY, J. (eds.), *Critical Neuroscience: A Handbook of the Social and Cultural Contexts of Neuroscience*. Oxford: Blackwell, 245-366.
- VUL, E., HARRIS, Ch., WINKIELMAN, P., y PASHLER, H. (2009), «Puzzling High Correlations in fMRI Studies of Emotion, Personality, and Social Cognition». *Perspectives on Psychological Science*, 3, 274-290.
- WARD, J. (2010), *The Student's Guide to Cognitive Neuroscience*. Hove (East Sussex): Psychology Press.