

ESPLENDORES Y MISERIAS DEL CEREBRO

SEMIR ZEKI

Departamento Wellcome de Neurología Cognitiva
Universidad de Londres

En el presente ensayo examino dos hechos evolutivos que dan cuenta del tremendo éxito del cerebro humano:

su capacidad para adquirir conocimientos y su variabilidad entre individuos. Una característica de cualquier sistema que almacene información de forma eficiente es su capacidad para abstraer y formular ideas. Ambos atributos originan un conflicto entre la experiencia de lo particular o concreto y lo que el cerebro ha desarrollado a partir de la experiencia de lo múltiple. Ambas cosas pueden resultar frustrantes en nuestra vida cotidiana. Esta frustración se incrementa por el hecho de que la abstracción y los ideales están sujetos a variabilidad en el tiempo, tanto para un individuo como entre éstos. La variabilidad que da origen a la selección evolutiva puede resultar también una característica que aisle e individualice a las personas en la sociedad y, así pues, las mismas características de nuestro cerebro, que hace de nuestra evolución un éxito enorme, pueden ser también fuente principal de nuestras miserias.

Palabras clave: abstracción, idealismo, conocimiento, color y variabilidad.

1. INTRODUCCIÓN

Por lo general, y científicamente hablando, se piensa que el pasado milenio pertenece a las ciencias físicas en tanto que el futuro estará dominado por las ciencias biológicas, más concretamente por la neurobiología.

A la Física y la Química se las considera *ciencias maduras*, que han experimentado grandes avances y conseguido importantes logros, especialmente al finalizar el siglo que cierra el milenio. Gracias a esto el hombre ha podido conquistar y dominar su entorno en mayor o menor grado, así como mejorar enormemente su comodidad y bienestar global. Las ciencias físicas siguen aportando importantes contribuciones al progreso, pero la decisión adoptada en 1993 por el Congreso de EE UU de rechazar el acelerador de partículas gigantes en que los físicos confiaban para ir más allá de los *quarks* sugiere que la sociedad se está volviendo cada vez más escéptica sobre el verdadero valor de costosos proyectos de investigación que quizás contribuyan algúa a mejorar nuestros conocimientos pero que, a juicio de ésta, no colaboran demasiado en mejorar las condiciones de vida del hombre. La importante inversión de las sociedades occidentales en las denominadas biociencias no muestra signos de reducirse. Esto es consecuencia de que las sociedades occidentales -ahora que el entorno físico se ha comprendido y controlado al menos en parte- creen que es tiempo de prestar más atención y recursos a nuestro bienestar biológico. Ese bienestar consiste, desde luego, en mejorar nuestra salud y herencia genética, así como en la erradicación de la enfermedad y el sufrimiento físico. Pero consiste también, sobre todo, en hacer que hombres y mujeres sean más felices aminorando el impacto de lo que Sigmund Freud acusó como "la miseria psicológica de la humanidad".

A decir verdad, la revolución que trajo consigo el desarrollo de las ciencias físicas en el pasado milenio supuso también un hito biológico -o al menos psicológico- en la historia de la humanidad. Las ideas de Copérnico y Galileo puede que hayan revolucionado las ciencias físicas, pero su impacto psicológico sobre los seres humanos es digno de consideración, ya que aún perviven las consecuencias de sus ideales. Degradado como figura central de un universo no definido, el hombre no ha tenido más remedio que intentar comprender cuál es su lugar en la naturaleza: desposeído de la certeza de un Dios omnipotente y omnipresente que le había creado para instrumentalizar su voluntad divina, se vio obligado a intentar comprender el porqué de su existencia. Más desposeído si cabe por la revolución ideológica de Darwin, que vino a destruir el mito de la creación gestada por un Dios con un fin propio, el hombre se

encontró con que sólo era el producto de un lento y aventurado proceso de evolución de las especies cuyo único propósito es la supervivencia, no sólo la suya, como ser más evolucionado gracias al tremendo desarrollo de su cerebro, sino también la del resto de las especies. Incapaz de encontrar un inequívoco sentido a su existencia, el hombre está abocado a mirar a su interior y buscar ese sentido dentro de sí mismo, acelerando con ello el proceso iniciado con la revolución de Copérnico.

La erradicación de la enfermedad, la pobreza y el resto de agentes que acortan la vida de la persona o la incapacitan física o mentalmente en mayor o menor grado, y que la privan de toda oportunidad de contribuir plenamente a los logros de su civilización para, a su vez, disfrutar del máximo de los frutos de su esfuerzo, no resulta ser la panacea que resuelva de una vez por todas el problema de la "infelicidad humana" descrita por Freud (1930). En su libro *Civilización y descontento*, Freud resume el problema del siguiente modo: "los hombres -escribe- empiezan a percibir que toda la conquista reciente sobre el espacio y el tiempo, la conquista sobre las fuerzas de la naturaleza, el logro de sus históricas aspiraciones, no les ha hecho más felices de lo que antes eran". Freud fundamentó que parte de este malestar tiene un origen social: "la insuficiencia de nuestros métodos para regular las relaciones humanas en la familia, la comunidad y el Estado".

Pero "cuando consideramos el posible éxito de nuestros esfuerzos por salvaguardarnos del sufrimiento, surge la sospecha de que cierta e inconquistable naturaleza se esconde tras dicho fracaso y que tiene mucho que ver con nuestra propia configuración mental".

(A) EL ESTUDIO DE NUESTRA CONFIGURACIÓN MENTAL

Es el estudio de dicha configuración lo que representa mayor desafío para la ciencia, quizás el reto más importante al que se ha enfrentado, y gran parte de ese desafío tiene un componente neurobiológico, ya que parece más que probable que nuestra configuración mental esté orquestada por la organización neuronal de nuestros cerebros. ¿Y cómo definir la configuración mental en términos neurales, lo cual es preciso si hemos de creer que esa configuración es la expresión de la actividad neural? Hoy por hoy no está demasiado claro.

Los filósofos y otros estudiosos podrían argumentar con mayor o menor convicción que no existe evidencia directa de que nuestra configuración mental esté determinada por nuestro sistema neural. Con todo, esa conjetura está bien fundada y yo trataré de refrendar a lo largo de este ensayo que tras esa configuración mental hay todo un aparato neurológico que determina sus capacidades y sus limitaciones (ver Searle, también en este número).

El primer hecho que debe quedar claro en relación a nuestra configuración mental es que ésta es producto de la evolución, algo que nos confiere ventajas selectivas. Algunas de estas ventajas resultan tan obvias que no merece la pena mencionarlas aquí. Pero ¿qué hay de las desventajas implícitas en la frase acuñada por Freud "la miseria psicológica de la humanidad" y que éste relaciona con la configuración mental del hombre? ¿Podría ser que las miserias derivadas de poseer dicha configuración sean un subproducto de las tremendas ventajas selectivas que nos proporciona esa misma configuración? En este ensayo examino dos desarrollos evolutivos que justifican el enorme éxito del cerebro humano y trataré de argumentar, en mayor o menor medida, que ambos contienen las semillas de esa miseria e infelicidad de las que Freud hablaba. Uno tiene relación con la capacidad del cerebro para elaborar conocimientos, para la abstracción y para la construcción de ideales; el otro tiene relación con la variabilidad. El estudio del primero de ellos constituye la carga filosófica que deberá soportar la neurobiología si esta ciencia pretende llegar a comprender mejor el funcionamiento del cerebro. En la discusión de mis planteamientos trataré de proyectar mi convicción de que los problemas que la neurobiología habrá de enfrentar en el futuro no son otros que las verdades eternas y valores que la Filosofía disciplina de la que Bertrand Russell (1914) dice "ha hecho más alegaciones pero conseguido menos resultados que cualquier otra rama del conocimiento"-ha intentado abordar sin éxito en el pasado. En esta empresa, la neurobiología, al igual que la filosofía antes que ella, se adentrará de forma natural en campos que hoy nos parecen impropios de su ámbito tales como las artes, la estética y la moralidad. El segundo factor, el de la variabilidad, está inextricablemente ligado al primero. Es un factor que, una vez sea mejor comprendido, posiblemente tendrá profundas consecuencias en la regulación de los asuntos humanos de la sociedad en general. Es un factor que tengo intención de describir en estricta relación a nuestra configuración mental.

A pesar de los grandes avances de la neurobiología, todavía no está claro, al cierre del milenio, de qué modo podemos abordar el estudio y comprensión de nuestra configuración mental. Ello dependerá, claro está, del desarrollo de nuevas tecnologías. En este número, Francis Crick hace alusión a algunas de ellas, ya disponibles en la actualidad, pero que aún no han sido aprovechadas al máximo; otras se desarrollarán en el futuro. Sean lo que sean estas nuevas tecnologías, parece de todo punto inevitable que vengan determinadas -al menos en parte- por la tendencia y necesidad de la neurobiología de comprender nuestra configuración mental y de resolver los problemas asociados a ella. Se dedicará mucho tiempo y esfuerzo al desarrollo de nuevas técnicas para el estudio del cerebro humano, proceso que ya ha sido iniciado con el refinamiento de las técnicas de imagen para el diagnóstico. Éstas

obtuvieron grandes logros en la pasada década, pero en la actualidad no parecen ser capaces de revelarnos con detalle los mecanismos neurales implicados y lo que ocurre en las diferentes áreas del córtex cerebral. Si la solución de estos problemas -suponiendo que la tengan- va a redundar en beneficio de la humanidad en su conjunto, es harina de otro costal, pero no hay duda de que contribuirá enormemente a incrementar nuestros conocimientos.

2. EL PROBLEMA DEL CONOCIMIENTO

Entre los principales problemas que yo espero que la neurobiología aborde -aunque lo haya intentado ya tímidamente- en la naturaleza del conocimiento en sí y la relación que existe entre conocimiento y creencias. El problema del conocimiento es también, por supuesto, problema de la filosofía. Sin entrar en detalles de cómo lo aborda la filosofía y centrándonos sólo en los aspectos neurobiológicos, podríamos definir el problema a la par que aprender algo acerca de la naturaleza del conocimiento que tenemos o que somos capaces de adquirir y hasta qué punto ese conocimiento viene determinado única y exclusivamente por el funcionamiento de nuestro cerebro. Un buen punto de partida es suponer que una de las funciones principales del cerebro es la de adquirir conocimiento y que el único conocimiento del que disponemos es, en realidad, conocimiento cerebral. Pero este supuesto conlleva problemas formidables que neurobiólogos y médicos comparten con los filósofos. Requiere llegar a comprender las posibilidades y limitaciones impuestas por el aprendizaje o la adquisición de conocimiento mediante la detallada organización neural de este órgano y lo que en términos kantianos significa el "principio organizativo" del cerebro para adquirir ese conocimiento (el mismísimo Kant hablaba de "mente" y no de cerebro). Podríamos comenzar discutiendo el problema de la constancia y la naturaleza de la contribución del cerebro a ésta, poniendo como ejemplo ilustrativo uno muy apreciado por los filósofos: el color. Esto nos lleva a la cuestión del conocimiento derivado del pensamiento puro, basado éste en nuestro propio conocimiento de lo particular o concreto, y que nos lleva a su vez al tema de la abstracción y de la formación de ideales. Éstos son subproductos de un eficiente sistema recopilatorio de información, aunque personalmente creo que pagamos un alto coste por dicha eficiencia. El que yo dedique tanto espacio a la discusión de los problemas asociados al pensamiento y al conocimiento refleja mi profunda convicción de que ambos son problemas que la neurobiología puede abordar de forma técnica. También soy consciente de que en la discusión que sigue a continuación puede que haya una regresión en los argumentos que utilizaré para hablar de cosas que ahora conocemos bien y que con ello me muestro en exceso generoso con los filósofos del pasado. Las ideas de Platón, por ejemplo, podrían reformularse hoy con más claridad. Kant a muchos nos resulta incomprensible e incluso místico; escribe sobre la mente y no del cerebro, y muchas de sus preguntas se pueden reformular hoy de forma más sencilla y adaptada a los conocimientos actuales. Pero el hecho de que hoy seamos capaces de formular mejor los problemas, e incluso de encontrarles solución, no altera el hecho de que el objeto de investigación de la neurobiología en el futuro y de la filosofía en el pasado tiene una misma raíz.

(A) EL PROBLEMA DE LA CONSTANCIA

Para Platón, la doctrina de Heráclito relacionada con el flujo o cambio permanente -el problema al que Schopenhauer se refería como "el devenir constante que nunca es"-constituye el primer problema para la adquisición del conocimiento y, por ende, el primer problema del conocimiento mismo. Éste es fundamental para la neurobiología, aunque Platón no lo considerase en ese contexto ni tampoco hiciera referencia al cerebro. Verdaderamente había poca necesidad de hacerlo, ya que los ideales eran lo real y pertenecían al mundo supraracional, accesibles sólo desde el pensamiento. Su opinión al respecto, aparece desarrollada en obras como *Phaedo*; *Meno*, *La República*, en las que hace una exposición que bien podría haber sido neurobiológica. El punto de partida es que el único conocimiento que merece la pena adquirir es el relacionado con las propiedades constantes e inalterables de todo lo que existe en este mundo. Y aquí subyace un problema común a la filosofía y a la neurobiología, ya que este conocimiento debe adquirirse en un medio donde todo está en cambio permanente. De ahí el problema de la constancia.

Psicólogos y neurobiólogos suelen hablar de constancia cromática o constancia de forma. Pero la constancia debería tener una aplicación amplia; por ejemplo, ser igualmente aplicable a las situaciones (constancia situacional) y a conceptos más abstractos como son el honor y la justicia. Estos últimos son problemas que la neurobiología no ha enfrentado, aunque no sería sorprendente que lo hiciera a lo largo del próximo siglo. De momento y para ilustrar el problema general de la neurobiología del conocimiento, quizás resulte instructivo volver al problema del color. Aunque de forma algo restringida, los filósofos se han referido al color para discutir sobre el conocimiento y se han planteado interrogantes tales como si los colores existen o no en el mundo material y si los colores pueden ser considerados como propiedades de los objetos que los reflejan. Son estas cuestiones a las que la neurobiología ya ha proporcionado alguna que otra respuesta y seguirán haciéndolo en el futuro. Esto es ilustrativo, aunque de forma muy limitada, de uno de los problemas para la neurobiología y la filosofía adquirir conocimiento sobre una propiedad inalterable de un objeto o superficie cuando toda la información que el individuo recibe del objeto

o superficie está en estado de cambio permanente.

También es ilustrativo el pensamiento de Kant en su monumental *Crítica de la razón pura* (Kant, 1781, 1787) donde dice que al preguntarnos sobre nuestro conocimiento del mundo que nos rodea deberíamos preguntarnos no sólo por las limitaciones impuestas por la propia naturaleza de la mente humana (léase cerebro) sino también hasta qué punto ese conocimiento depende de la contribución formal de la mente (vuelva a leerse cerebro).

(B) LA CONTRUCCIÓN DEL COLOR POR NUESTRO CEREBRO

Es bien conocido el hecho de que la cantidad de luz de cualquier longitud de onda reflejada por una superficie cambia continuamente dependiendo del iluminante sobre el que se ve. No obstante, el color de una superficie permanece aunque cambien las tonalidades o sombras. La estabilidad del color ha de buscarse en la capacidad del cerebro para realizar una operación matemática mediante la cual el color deja de depender del cambio continuo en la composición de la longitud de onda de la luz reflejada por una superficie. Esto a su vez permite al cerebro obtener conocimiento sobre ciertas propiedades de las superficies, a pesar de las continuas variaciones en lo que el ojo percibe de éstas. El mundo se volvería un lugar muy extraño si el color de una superficie se alterara con cada cambio en la composición de la luz generado por la longitud de onda de la luz reflejada; no podríamos llegar a conocer las propiedades de las cosas y el color dejaría de ser un eficiente mecanismo de señalización biológica. La participación obligada del cerebro, la noción de que es el cerebro el que realiza esta operación, fue bien descrita por Arthur Schopenhauer (1854) en un libro titulado *Sobre la visión y el color; un ensayo*; un libro que no tuvo repercusión alguna, muy a pesar de Schopenhauer porque -n sus propias palabras-un conocimiento más exacto y la certeza de la naturaleza totalmente subjetiva del color contribuye a una comprensión profunda de la doctrina kantiana sobre las formas intelectuales de todo conocimiento y, por tanto, nos proporciona una introducción apropiada a un curso de iniciación a la filosofía. El libro contenía lo que Schopenhauer, con la inmodestia que le caracterizaba, suponía que era la primera teoría sobre la percepción del color. Se inspiró en la teoría del color de Goethe, pero el libro fue recibido con frialdad por este último, quien " el manuscrito más tiempo de lo que yo hubiera esperado y se lo llevó consigo de viaje [...] por el Rin" (la elipsis es mía). La importancia de este trabajo, inexplicablemente ignorado por fisiólogos y filósofos, no estribaba en los detalles con que Schopenhauer describe su teoría del color (él suponía que la elaboración del color tenía lugar exclusivamente en la retina). Su importancia radica más bien en el concepto de que los colores están en el observador y no fuera de él, una idea fundamental que Schopenhauer suponían ignorado Newton y Goethe. Schopenhauer acusó a Newton de proponer que el color "es inherente a los rayos de luz, una cualidad oculta que se rige por leyes independientes al ojo. Este aserto no hace justicia a Newton. En su libro *Óptica*, Newton (1704) escribió que "los rayos de luz son acromáticos; no hay nada en ellos más que cierta fuerza y disposición para provocar una sensación de color", y de esta manera hizo un reconocimiento implícito a la participación del cerebro en el proceso de elaboración de los colores. Pero mirándolo de forma retrospectiva, habría sido mejor que Newton hubiera escrito que "los rayos de luz contienen cierta fuerza y disposición que permiten al cerebro reconocer la sensación de color". Maxwell (1877) lo expresó con mayor claridad, aunque sin hacer referencia a Schopenhauer: "Si la percepción de color está sujeta a leyes de algún tipo, tiene que haber algo en nuestra naturaleza que determine dichas leyes. La ciencia del color debe, por tanto, considerarse una ciencia esencialmente mental". Leído desde la perspectiva kantiana, esta afirmación dice explícitamente que la mente realiza una contribución formal a la percepción del color y, por tanto, al conocimiento de ciertas propiedades de las superficies que el cerebro interpreta en términos de color. Una vez más es posible que esté siendo manifiestamente generoso con anteriores pensadores. Su fallo en establecer el vínculo entre mente y cerebro no ha sido un descuido trivial. En mi opinión, es un fallo en la formulación de los interrogantes y que resultó en una ralentización de los avances en este campo.

(C) LA CONTRIBUCIÓN FORMAL DEL CEREBRO A LA ELABORACIÓN DEL COLOR

¿Cuál es la contribución formal? El hecho de que el color de los objetos y las superficies no cambie de modo apreciable, ni siquiera cuando la longitud de onda de la luz en la que éstos se perciben (y por tanto la de la longitud de onda de la luz que reflejan) cambie notoriamente, es un hecho que se reconoce por el término de constancia cromática. Tenemos una ligera idea del tipo de cálculo que el cerebro realiza para funcionar independientemente de los cambios en la longitud de onda de la luz y poder asignar color a una superficie y, por tanto, una ligera idea de su contribución formal a la elaboración del color. Este cálculo consiste en determinar la ratio de todas las bandas de luz visibles y reflejadas por una superficie y por su contorno. Esta relación o ratio permanece siempre constante (Land, 1974). Estas relaciones las asume el cerebro y el resultado final de este proceso es que el color es una propiedad del cerebro y no del mundo exterior. Es a través de estos cálculos que el cerebro adquiere conocimiento sobre ciertas propiedades de los objetos. Pero este conocimiento no es del color (los cuerpos no tienen color) sino de la reflectancia, de la

eficiencia con la que una superficie es capaz de reflejar la luz de diferentes bandas. Por tanto, aunque percibimos el color como una propiedad de los objetos, el color es en realidad la *interpretación* que el cerebro hace de esa propiedad física de los objetos (su reflectancia), una interpretación que permite al cerebro adquirir conocimiento de forma rápida sobre la propiedad de reflectancia que tiene un objeto dado. Y a esa interpretación podemos darle un buen uso, siendo buen ejemplo cómo el color de una fruta nos sirve para indicar su estadio de maduración y su idoneidad para el consumo. Al decir que el cerebro realiza una *contribución* formal a la adquisición de conocimiento sobre las propiedades de las superficies, estamos reconociendo el hecho de que dicho conocimiento viene determinado en parte por la física de la luz y la de las superficies que la reflejan. Es, de hecho, un reconocimiento expreso de la afirmación que Kant (1783) hace en su *Prolegómeno*: "La mente no deriva sus leyes de la naturaleza (a priori) sino que es ella quien las dicta". Pero aunque sabemos que para elaborar o construir el color la operación que el cerebro realiza consiste en calcular las ratios dentro de los límites definidos por la sensibilidad al espectro de los fotorreceptores que hay en la retina, y aunque hemos aprendido muchas cosas de las áreas cerebrales que representan un papel crítico en la percepción del color, seguimos ignorando mayormente y de forma detallada los procesos neurales que participan en esa elaboración y el modo en que las células de algunas de las regiones del cerebro realizan el cálculo de las ratios. Yo supongo que esos interrogantes seguirán estando ahí durante mucho tiempo. Las poderosas técnicas de imagen para el diagnóstico de los procesos cerebrales humanos nos han permitido conocer el centro neurálgico del cerebro, el complejo V4, o córtex de asociación visual, y que es donde esta operación tiene lugar (Zeki y col., 1991); (Bartels & Zeki, 1999). El desarrollo de técnicas similares aplicables al modelo animal, el mono rhesus, (Logothretis y col., 1999) junto con los registros individuales de la actividad de las células corticales deberían, en teoría, revelarnos gran parte de los procesos neurales que el cerebro genera para realizar dicha operación. El hecho de que el complejo V4 -una zona relativamente pequeña localizada en el cuerpo fusiforme del cerebro- resulte crítica para la construcción del color es algo que resulta obvio en los casos clínicos descritos sobre pacientes con cromática resultante de lesiones que afectan precisamente a esa zona (ver Zeki, 1990, 1993). Este tipo de pacientes sólo pueden percibir distintas tonalidades de grises. Su mundo es monocromo y, a diferencia de las personas *normales*, no pueden adquirir conocimiento sobre las propiedades cromáticas de los objetos mediante la interpretación de la reflectancia de sus superficies y contornos. Resulta notable que el aparato visual de la retina -que se extiende hasta el centro cromático de Zeki (complejo V4) pero que no lo incluye- puede ser normal en esos pacientes. (Mollon y col., 1978). Es como si hubiera que aplicar cierto concepto -el del cálculo de ratios- a las señales visuales que llegan al cerebro. Este hecho sustenta la opinión de Kant (1781) en su *Crítica de la razón pura* de que "las percepciones sin conceptos son ciegas". Siendo aquélculo de ratios, un concepto estrictamente cerebral aplicado por el cerebro a las señales entrantes. Y éste es el concepto que constituye la contribución formal del cerebro al conocimiento del mundo del color. Merece la pena resaltar que ello supone la transición de la mente intangible -de la que Kant y otros filósofos escribieron vagamente- al cerebro tangible que nos permite formular muchas de las cuestiones en términos más exactos y no sólo de forma conceptual sino en términos neurales, es decir, describiendo la actividad de células independientes y de los circuitos en los que éstas están insertas.

(D) INTUICIONES INNATAS

Vistas en el contexto de nuestro conocimiento actual, las cuestiones formuladas por la filosofía deberían ser de gran interés para los neurobiólogos. Esta aparente falta de interés quizá se deba a que los primeros no han sabido formularlas de forma apropiada por lo impreciso y dubitativo de sus planteamientos. También se debe en parte al hecho de que esa ambigüedad y amplitud de las formulaciones filosóficas las haga difíciles de abordar desde la neurobiología. Si los planteamientos o las preguntas hubieran sido formulados de manera clara y concisa, la investigación neurológica habría sido más viable.

Volviendo al ejemplo de la visión del color, Herman Von Helmholtz (1911) suponía que la asignación de color a una determinada superficie u objeto se hacía mediante un vago proceso al que él se refirió como "interferencia inconsciente", y que nos permitiría ponderar el aspecto de un objeto visto bajo luz blanca. En su línea argumentativa, Helmholtz seguía a Leibniz (1714), el cual en su *Mondologie* escribió que sería difícil imaginar que la realidad oculta tras todo fenómeno natural es extraída de forma consciente por la mente. Ello le llevó al concepto de "la mente inconsciente", un importante concepto que la neurobiología empieza a tener en cuenta y en relación al órgano tangible, al cerebro, no a la mente. Diríamos ahora que la operación que el cerebro realiza para la elaboración del color es ciertamente un proceso instantáneo del que no somos normalmente conscientes. Sin embargo, el resultado de dicha operación se nos presenta casi instantáneamente y de manera consciente en forma de conocimiento. La cuestión, tanto para la neurobiología como para la filosofía, estriba en saber hasta qué punto los procesos involucrados en la elaboración del color (procesos inconscientes) son intuitivos y hasta qué punto dependientes de la experiencia. De ahí que la neurobiología tenga dos tareas pendientes: definir los procesos neurales implicados en la construcción del color y averiguar qué tipo de actividad neural nos lleva de la construcción del color mediante procesos inconscientes a la

experiencia consciente del color. Los filósofos se han preguntado con relativa frecuencia hasta qué punto el conocimiento que adquirimos o somos capaces de adquirir depende de la experiencia o de la intuición, algo que es independiente a la experiencia. Kant, al igual que Schopenhauer, creía que el espacio y el tiempo eran, a priori, dos intuiciones en torno a las que se organiza todo conocimiento, y aunque Schopenhauer añadió el principio de causalidad como otra intuición innata “a priori”. Para estos autores la experiencia debía leerse en estas intuiciones “a priori”. Henri Poincaré (1894 y 1898) creía que las intuiciones a priori que constituían los principios de organización a través de los cuales los datos sensoriales se convertían en conocimiento eran pura inducción matemática, que es “inaccesible a la demostración analítica y al experimento”, y también la intuición de grupos continuos que “existen en nuestra mente con anterioridad a toda experiencia”. La idea de este principio organizativo fue muy contestada por Einstein (1916b) quien en su necrológica sobre Ernst Mach se quejaba de los filósofos que han tenido un “efecto pernicioso sobre el pensamiento científico al querer sacar ciertos conceptos fundamentales del ámbito empírico, donde están bajo nuestro control, y llevarlos a las alturas intangibles del *a priori*...”. Ello es particularmente cierto en relación a nuestros conceptos de tiempo y espacio.

¿Cómo definir las intuiciones *a priori* en términos neurológicos? ¿Existen muchas intuiciones *a priori* relacionadas con los distintos tipos de conocimientos, o existe solamente un número limitado de ellas cuyo concurso justifica la adquisición de conocimientos en todos los ámbitos? Son estas cuestiones a las que la neurobiología puede, hoy por hoy, dar respuestas más o menos vagas aunque solamente a cierto nivel y no a nivel de conocimiento universal. Supongo que en el futuro las respuestas a estas preguntas se irán volviendo más precisas. Podría decirse que la intuición innata en la visión del color es producto o resultado de las interconexiones neurales y que permiten al cerebro realizar una operación formal con las señales entrantes, comparando la cantidad de luz de cada banda reflejada de una superficie con la reflejada por las superficies circundantes. Por el momento no tenemos una posible respuesta respecto a si los detalles de esa interconexión neuronal dependen o no de la experiencia visual. Pero los experimentos sobre la percepción de la forma nos han proporcionado respuestas concretas sobre el papel que representan los factores innatos y experimentales. Los filósofos han estudiado con bastante detalle lo que se conoce como células selectivas de orientación, células que responden a líneas de orientación concretas y no a otras (Hubel & Wiesel, 1977). A estas células se las considera verdaderos ladrillos fisiológicos para la percepción de formas. ¿Están estas células diseñadas y caracterizadas genéticamente o es que su respuesta y conducta dependen de la experiencia visual adquirida o acumulada? Este hecho constituye en sí mismo una investigación neurológica (a nivel de célula aislada) de la pregunta que el Sr. Molyneux se hace en el *Ensayo sobre el entendimiento humano* de John Locke.

Molyneux se pregunta si un hombre que nace ciego y que ha aprendido a distinguir un cubo de una esfera única y exclusivamente a través del tacto podría ser capaz de distinguirlos, caso de recuperar la vista, única y exclusivamente con el concurso de sus ojos. Los estudios hechos con pacientes ciegos de nacimiento debido a cataratas congénitas y que han recuperado la vista gracias a la intervención médica demuestran que esos pacientes permanecen visualmente anulados (Von Senden, 1932).

Los equivalentes neuroanatómicos y neurofisiológicos de estos experimentos han demostrado que al nacer, el córtex de la retina viene determinado genéticamente y está preparado para funcionar (Rakic, 1977) pero que la exposición visual precoz durante un período de tiempo es fundamental para el normal y posterior funcionamiento del córtex visual y su capacidad para adquirir conocimiento a través de la vista (Hubel & Wiesel, 1977). Por tanto, la contribución innata es un sistema anatómicamente organizado que debe ser alimentado nada más nacer. Y para no restringir únicamente al campo de la visión esta rotunda conclusión, resulta útil comparar la conclusión a la que llegan Hubel & Wiesel con las de Sigmund Freud, quien al tratar la conducta compleja es capaz de trazar las historias individuales en el tiempo de forma retrospectiva y con las de Harry Harlow, que las traza en el tiempo de forma prospectiva. Ambos autores establecieron la importancia de la experiencia temprana y su impacto sobre la conducta posterior de un sujeto. Harlow & Harlow (1962) escribieron: “Existe un período crítico entre el tercer y sexto mes de vida durante el cual la privación social [...] anula irreversiblemente la capacidad del animal para su adaptación al medio social”, en tanto que Hubel & Wiesel (1970) escribían: “Los efectos de la privación (visual) durante los tres primeros meses de vida tienden a ser permanentes, con limitada capacidad de recuperación morfológica, fisiológica o conductual”. De ahí que podamos decir que el principio organizativo general en el proceso de adquisición del conocimiento sea una interconexión neural innatamente determinada y que queda sujeta a la experiencia en ciertas etapas críticas del desarrollo tras el nacimiento.

Kant sin duda hubiera estado profundamente satisfecho con esta respuesta, ya que no aborda propiamente la pregunta sobre los *a priori* innatos en relación al espacio y al tiempo que él había formulado en términos generales y aplicables a todo tipo de percepción. Del espacio escribía en el apartado I de su *Crítica de la razón pura* (segunda edición) y titulado “Estética trascendental”: “El espacio no es un concepto empírico que haya sido abstraído de experiencias externas. La representación del espacio debe estar basada en sensaciones que hagan referencia a algo que nos es externo (i.e. refiriéndome a algo situado en otro espacio diferente al que yo ocupo). Y también debe estar basada en lo que yo pueda representar [los objetos] como sensaciones externas y secuenciales, de manera que yo las pueda representar ya no sólo como diferentes entre sí, sino también en cuanto a su posición en el espacio”. Según

esto, la representación del espacio no puede ser la que nosotros hagamos a partir de las relaciones establecidas por la apariencia externa de las cosas y que conocemos por experiencia, sino que solamente a través de la representación del espacio se puede hacer que la experiencia externa sea posible” (Kant, 1787). En el apartado II de su “Estética trascendental” y hablando del tiempo, escribe: “El tiempo no es un concepto empírico abstraído de la experiencia. La simultaneidad o la sucesión no nos sería percibida si el tiempo no la hubiera sustentado *a priori*. Sólo en base a la presunción de esta representación podemos decir que esto y eso son uno al mismo tiempo (simultaneidad) o en diferentes momentos (secuencialidad)” (Kant, 1787).

La fuerza de estos argumentos y su importancia resultan difíciles de negar y son cuestiones que la neurobiología debería ser capaz de enmarcar y, posiblemente, estudiar. Es lamentable que no lo hayamos hecho ya de forma seria y rigurosa pero, una vez más, hay que decir que resulta muy difícil hacerlo en los términos más generales y universales con los que Kant formula su argumentación. Sí podemos, no obstante, ilustrar la importancia neurobiológica de estos argumentos reformulando la cuestión en una esfera más limitada. En la percepción del color, el factor tiempo tiene una gran relevancia, ya que el cerebro ha de determinar la cantidad de luz de una banda reflejada por una superficie localizada en el espacio y por su contorno, que ocupa una zona distinta, y estando el conjunto situado en una posición externa a la que ocupa el sujeto. Hay, por tanto, dos componentes relativos al espacio. La distribución espacial de las superficies resulta crítica para el cómputo del color y es difícil comprender cómo esta parte del programa neural para el cálculo de ratios pudo no haber sido dada *a priori*, que pudiera estar implícita en el programa genéticamente determinado que hace que esas interconexiones neurales sean posibles. Pero por ahora no está muy claro de qué forma podemos demostrar esto por la vía experimental. Sí tenemos una vaga idea sobre el segundo componente, el de referir la superficie a una localización externa. Esta noción nos viene dada por un único y precoz estudio sobre la percepción del color desarrollado por Critchley (1965). Ese estudio describe cómo los colores ocupaban estratos distintos en el espacio personal de un sujeto con ceguera congénita y cuya visión le fue *restaurada*. Si se confirmase esto, sería indicativo de que la ordenación del espacio no depende de la experiencia pero seguiríamos sin saber si el concepto del espacio nos viene dado *a priori* ya que los colores se hallaban correctamente dispuestos en el exterior del paciente aunque, a diferencia de lo que ocurre en los sujetos con visión normal, éstos ocuparan diferentes posiciones en el espacio extrapersonal.

El segundo *a priori* kantiano —el tiempo— es no menos importante para la percepción del color. Al construir los colores, el cerebro debe determinar de forma simultánea la composición de la longitud de onda de la luz reflejada por una superficie y la reflejada por su entorno, lo cual implica que se requiere un mecanismo de temporalización que debe integrarse en el programa para el cálculo de ratios. Es más, cuando la misma escena es visualizada bajo iluminantes distintos, lo que supone un cambio en la composición de la longitud de onda de la luz procedente de todos los puntos en el campo visual, las ratios tienen que ser calculadas sucesivamente para poder restar los cambios introducidos por el iluminante. De nuevo suponemos que hay un mecanismo temporalizador dentro del programa de cálculo que tiene el cerebro.

Realmente no tenemos respuesta a todas estas preguntas hoy por hoy. Ni siquiera sabemos de qué modo se realiza el cálculo de ratios —ni en condiciones de estabilidad o constancia (ver Barterls & Zeki, 1999)—. Pero la discusión general que he descrito antes quizás pudiera ser aplicable a otros aspectos de la percepción visual y, por supuesto, a todo tipo de percepción sensorial. Todos implican relaciones entre espacio y los diferentes elementos constitutivos, así como la habilidad para localizar los objetos a percibir fuera del sujeto, y todos ellos implican simultaneidad y sucesión en el tiempo.

(E) MODULARIDAD DEL CONOCIMIENTO

Soy muy consciente de que los filósofos podrían considerar excesiva la forma en que yo he delimitado las cuestiones que ellos han formulado grandilocuentemente. Por toda respuesta no puedo sino lamentar la pobreza de resultados que ellos han obtenido respecto de la comprensión de nuestros cerebros y sus configuraciones mentales. Delimito las preguntas porque, si hemos de enfrentar el tremendo reto que supone contestarlas, tenemos que hacerlas más asequibles a la experimentación. No sólo la cuestión del principio organizativo general y sus fundamentos *a priori* para la formulación de todo conocimiento resulta ser demasiado amplia sino que también presupone la unidad del conocimiento. Es posible que exista fundamento para esa presunción, pero es mejor estudiar separadamente esa unidad —caso de que exista— no ya en términos de conocimiento sino en términos de abstracción y de formulación de ideales que se discute más adelante en este artículo.

Suponiendo que exista un principio organizativo capaz de transformar los datos sensoriales en conocimiento, la cuestión filosófica podría resumirse de la siguiente manera: ¿Cuál es el principio organizativo necesario para la adquisición de todo conocimiento? ¿Hasta qué punto preexiste en nosotros y hasta qué punto depende o es alimentado por la experiencia? A la luz de las pruebas de que hoy disponemos, la cuestión neurobiológica no puede presumir la unidad de todo conocimiento como punto de partida. Hay que empezar por preguntarse si existe uno

o más tipos de principios organizativos, cada uno de ellos específico a la adquisición de un tipo de conocimiento concreto (digamos formas, colores o relaciones geométricas) para luego proceder a definir lo que es el principio organizativo en términos neurobiológicos. En lo que se refiere a la visión del color, esto se traduciría en llegar a comprender el modo en que las células del complejo V-4 se organizan para registrar la cantidad de luz de las distintas bandas reflejadas por diferentes superficies y compararlas entre sí a fin de obtener las ratios que definen el color, poniendo particular énfasis en los factores espacio y tiempo. Para aquellos que creen en la unidad del conocimiento resulta un hecho sorprendente el que una parte tan pequeña del cerebro pueda ser el punto donde tiene lugar una operación, relativamente bien comprendida hoy por hoy, que dé lugar a la adquisición de conocimiento sobre una importante propiedad del mundo visual sin afectar por ello la capacidad de adquirir otras clases de conocimiento. Su importancia estriba en demostrar que el tipo de conocimientos que el cerebro es capaz de adquirir con el concurso del córtex de asociación visual viene estrictamente determinado por la lógica operativa del cerebro (localizada en una zona restringida del cerebro).

Presuponiendo que a través de la lógica el cerebro hace inferencia de ciertas propiedades físicas de las superficies interpretadas como color, resulta difícil creer que utiliza el mismo método para deducir, por ejemplo, la expresión de un rostro o la apariencia de un objeto, propiedades que seguramente dependen de otros tipos de cálculo.

Es cierto que la historia de la neurofisiología nos ha enseñado que la adquisición de conocimientos es un proceso al que las distintas zonas corticales contribuyen de forma especializada y siguiendo un modelo organizativo funcional y anatómico adecuado a las necesidades específicas de los distintos tipos de conocimiento. La destrucción del complejo V-4 priva al sujeto de la capacidad para adquirir conocimiento sobre las propiedades del mundo visible sin que se comprometa la capacidad de adquirir otros conocimientos. De modo similar, una lesión en el V-5 comprometería la capacidad para adquirir conocimiento sobre los objetos en movimiento sin que ello, a su vez, interfiriera con la capacidad de adquirir conocimiento sobre esos mismos objetos en estado estacionario. Así podríamos seguir enumerando ejemplos indefinidamente. Es más, hay experimentos psicofísicos que demuestran que los diferentes sistemas de procesamiento, localizados en zonas geográficamente distintas del córtex cerebral, alcanzan sus puntos terminales a tiempos diferentes. Obtenemos conocimiento del color 40 ms antes de conocer la forma y 80 ms antes de que percibamos el movimiento (Montoussis & Zeki, 1997). De ahí que la adquisición del conocimiento sea un proceso que se distribuye a lo largo del espacio y del tiempo. Visto en este contexto y a este nivel, resulta difícil presuponer la unidad del conocimiento.

Los ejemplos que hemos puesto anteriormente surgen de la pregunta cartesiana en sentido inverso: ¿podemos decir que todo lo que hemos aprendido sobre la visión del color puede ser aplicable fuera de este campo? La respuesta al día de hoy es que sigue estando poco claro que esto pueda ser así dada la aparente modularidad del sistema que el cerebro tiene para la adquisición de conocimientos, al menos al nivel más elemental. Resulta mucho más difícil, si cabe, abordar desde la neurobiología la adquisición del conocimiento en campos como la matemática y la geometría, muy estudiados tanto por filósofos como por matemáticos: ¿Cuál es la contribución formal del cerebro a la adquisición del conocimiento en este campo? Y junto con esta cuestión hay otro problema que la neurobiología tampoco ha abordado todavía: ¿Existen fórmulas matemáticas o geométricas que no sean dependientes de la organización funcional de nuestros cerebros? Dicho de otro modo, si nuestros cerebros tuvieran una organización distinta, ¿podríamos haber inventado teorías matemáticas sustancialmente distintas a las que hoy conocemos? ¿Habría sido capaz esa distinta capacidad neural de formular las teorías que fabrican nuestros cerebros? René Descartes suponía que el único modo cierto de adquirir conocimiento era a través de las matemáticas. Para él, las matemáticas resolvían de una vez por todas las cuestiones de la intuición y la deducción. Un neurobiólogo se preguntaría si la intuición es algo más que la intuición de un cerebro o cerebros con cierta organización neural y si esa organización neural no es la que determina el tipo de deducciones que podemos llegar a hacer. Está también el problema de si el modo de asegurar la adquisición de conocimientos en matemáticas podría aplicarse a otros campos, a las grandes cuestiones filosóficas sobre lo que existe o no existe en este mundo. En otras palabras, al problema del conocimiento en su más amplio concepto. Si tuviéramos una mayor comprensión de los potenciales del cerebro y su capacidad para formular teorías matemáticas, ¿podríamos aplicar esa comprensión a su capacidad para elaborar el color? Resulta interesante observar aquí los argumentos de Roger Penrose. Para él no hay nada especial en la comprensión de las matemáticas, comparada ésta con otras formas de entendimiento. Ello implica que en todo tipo de discernimiento están involucrados los mismos procesos cualitativos del cerebro. Pero aun admitiendo que puede haber verdades matemáticas que permanecen, en principio, inaccesibles para la razón y comprensión humanas, Penrose (1994) adopta una inequívoca postura platónica en oposición a la Kantiana y cree que el mundo matemático no es producto de nuestro pensamiento. Su “existencia descansa en la profunda, atemporal y universal naturaleza de estos conceptos y sobre el hecho de que sus leyes son independientes de las de quienes las descubrieron [...] Los números naturales existían antes de que existieran los humanos o cualquier otra criatura sobre el planeta y seguirán allí cuando todo indicio de vida se haya extinguido” (la elipsis es mía). Esto no puede decirse del color.

(F) CONOCIMIENTO MEDIANTE EL PENSAMIENTO PURO

Si, como parece, la adquisición del conocimiento es un proceso cortical clasificado, y en el que los distintos tipos de conocimiento requieren distinta maquinaria neural, ¿dónde buscar entonces esa unidad que es característica de todo conocimiento —suponiendo que exista—? Yo propongo que una posibilidad puede estar en nuestra capacidad para la abstracción y formulación de ideales, características ambas que son comunes a todo conocimiento y que definen los rasgos de un sistema de adquisición de conocimiento eficiente.

Podemos proponer que aunque el cerebro utiliza distintos tipos de mecanismo neural en función del conocimiento que desea adquirir, aplica no obstante este proceso neural de forma repetitiva sobre distintos tipos de conocimiento en distintas regiones corticales. Dada la impresionante uniformidad estructural que presentan las grandes zonas del córtex cerebral, los neurobiólogos han enfrentado la pregunta (aunque sin haber encontrado solución satisfactoria) de si existe algún proceso común que el cerebro aplica de forma repetitiva en todas las zonas corticales, es decir, en todos los sistemas de adquisición de conocimiento presentes en el córtex. Resulta interesante barajar que estas dos habilidades de nuestro cerebro pudieran ser resultado de un proceso neural similar aplicado de forma repetitiva. Introduzco estas dos habilidades para la discusión del problema del conocimiento mediante el pensamiento puro. El curso que seguiré en mi argumentación difiere, quizás, del seguido por la filosofía.

El ejemplo de la visión del color deriva del mundo de la percepción, que ha representado un papel primordial en la formulación de las doctrinas filosóficas en torno al conocimiento. Ciertamente, la voz germana *anschauung*, etimológicamente hablando, se refiere solamente a sensaciones visuales, pero Kant amplió su uso a todo tipo de percepción sensorial (ver Miller, 1984). Platón y sus sucesores no han podido saber del mundo de las percepciones, menciona como ejemplo las matemáticas y la geometría. Ello le llevó a suponer que existe otro mundo del conocimiento, un mundo sólo accesible para el intelecto, una opinión compartida por G. W. Leibniz y Christian Wolff. Kant hizo hincapié en que hasta qué punto la percepción que actúa sobre las intuiciones innatas *a priori*, es la fuente de todo conocimiento y suponía que es posible alcanzar verdades generales sobre entidades que existen en este mundo y que no podemos experimentar pero que dependen de la experiencia y por tanto su conocimiento se adquiere solamente mediante el proceso del pensamiento puro. Pero ¿en qué consiste este proceso y cuáles son sus límites? ¿Qué es, en términos neurológicos, lo que constituye el proceso del pensamiento? Resulta en cierto modo sorprendente que los neurobiólogos no hayan abordado esas cuestiones de manera formal, pese a que cuentan con la tecnología necesaria para ello, al menos de forma rudimentaria y teniendo en cuenta que su importancia fue descrita hace ya años por Einstein (1916a) y que en su artículo titulado *Física y realidad* escribió: “Toda la ciencia no es más que el refinamiento del pensamiento cotidiano. Es por esta razón que el pensamiento crítico del físico no puede limitarse al examen de los conceptos que caen dentro de su propio y específico campo de actuación. Él no puede proceder sin considerar de manera crítica un problema mucho más complejo: el problema de tener que analizar la naturaleza del pensamiento cotidiano”.

De hecho, la cuestión del conocimiento en ausencia de percepción, el conocimiento derivado del pensamiento, ha estado presente en las especulaciones filosóficas desde los tiempos de Platón, pasando por Leibniz, Locke, Berkeley y Hume, hasta llegar a Kant y a Schopenhauer. Se podría formular de la siguiente manera: ¿es posible llegar al conocimiento mediante el concurso exclusivo del pensamiento? ¿Qué tipo de conocimiento sería éste? De hecho, lo que tenemos que hacer es ir más allá y preguntarnos si las interferencias inconscientes (Leibniz y Helmholtz) que resultan, por ejemplo, en la construcción del color son sometidas a un proceso de pensamiento ulterior a través del cual y de forma exclusiva podemos obtener conocimiento.

En el ejemplo de la percepción del color, el cálculo de ratios es solamente una de las contribuciones formales del cerebro en cuanto a la construcción del color en sentido exclusivamente abstracto (ver 2 (g) (i)). Ludwig Wittgenstein (1997), en su repetitivo y tedioso libro titulado *Observaciones sobre el color* (“Eso sobre lo que he escrito tediosamente, puede resultar obvio para alguien cuya mente esté menos decrepita que la mía”), saca a colación preguntas interesantes sobre la contribución del cerebro —y a través del lenguaje— al concepto de color. ¿Por qué, por ejemplo, hablamos de “una luz rojo oscuro” y no de una “luz roja-negra”? ¿Por qué no podemos imaginarnos un gris caliente? ¿Por qué no podemos pensar un color en términos de matiz de blanco caliente? ¿Por qué hablamos tan frecuentemente del blanco como “ausencia de color”? ¿Por qué el blanco transparente es imposible? Y así podríamos continuar con muchos más ejemplos. Ludwig Wittgenstein buscaba, según sus palabras, ya no una teoría del color sino más bien la lógica de los conceptos de color, y le resultaba muy difícil la comprensión lógica del concepto de 3 o 4 colores primarios (al igual que a mí). Es más, “si hubiera una teoría de la armonía del color, ésta empezaría quizás por dividir los colores en grupos diferenciados y por prohibir ciertas mezclas o combinaciones permitiendo otras y, al igual que ocurre con la armonía, sus normas no tendrían justificación alguna”. Aunque resulte obvio que el cerebro hace una importante contribución al concepto de color, la neurobiología, a través de los procesos subyacentes al lenguaje y al pensamiento, no ha hecho incursión alguna en el estudio de la relación existente entre la construcción del color por parte del córtex cerebral y la contribución formal del cerebro al concepto de color mediante el lenguaje, a pesar de que está bastante claro que una región específica del cerebro está muy implicada en la denominación de los

colores y que si esta zona sufre algún tipo de daño o lesión afecta a la habilidad del paciente para nombrar los colores (Lewandowsky, 1908).

Tampoco hemos abordado la cuestión de si la formación de conceptos depende de los mismos procesos neurales y dado que el conocimiento per se parece seguir un patrón de distribución cortical y que el tipo de concepto que podamos formular en el mundo del color puede que sea sustancialmente distinto del que podamos formular para reconocer las expresiones faciales o en matemáticas.

(G) LA UNIDAD DEL CONOCIMIENTO

En el pensamiento de los filósofos está implícita la idea de la unidad del conocimiento. Ésta contrasta con los descubrimientos realizados por la neurobiología y que demuestran que la adquisición de conocimientos y sus particulares categorías es una función de las distintas partes del córtex cerebral y cuyo resultado es un proceso que se distribuye corticalmente. Pero dicha evidencia no agota nuestra búsqueda. El pensamiento único puede ser aplicable a cualquier número de percepciones y si el conocimiento puede derivarse del pensamiento puro (algo que queda de manifiesto en el mundo de la física, las matemáticas y el color) podríamos preguntarnos si existe alguna similitud en el tipo de proceso aplicado a los distintos ámbitos del conocimiento. De inmediato nos vienen dos factores a la mente: la abstracción y la formulación de ideales.

(I) ABSTRACCIÓN

La abstracción es un término difícil de definir pero no hay duda de que nuestros cerebros están muy implicados en el proceso y que el sistema que el cerebro tiene para adquirir y organizar los conocimientos depende fuertemente de ésta. Trataré de definirlo de dos maneras distintas, en tanto que admito que ninguna de ellas es totalmente satisfactoria. Cada una implica un proceso neurológico diferente, aunque tienen un substrato común.

En términos neurológicos, la abstracción para mí significa la capacidad del cerebro para encontrar propiedades o relaciones que son comunes a muchos particulares, de tal forma que el cerebro se mantiene independiente de lo particular o concreto. Desconocemos cuáles son los procesos implicados pero sean los que sean no hay duda de que la abstracción supone un paso crítico en el proceso eficiente de adquisición de conocimiento ya que sin ésta el cerebro sería esclavo de lo particular o concreto. La capacidad para abstraer es posible que le esté impuesta al cerebro por las limitaciones de su sistema de memoria ya que éste es el encargado de seleccionar lo importante sin necesidad de recordar cada detalle. La memoria resulta igualmente crítica en la adquisición de conocimientos pero, como dijo Descartes, no podemos fiarnos de ella ni siquiera en el mundo de la certeza matemática. Una parte importante en las formulaciones matemáticas es la fase deductiva, pero para la deducción la mente ha de confiar en la memoria a fin de poder describir las fases previas del proceso deductivo y no existe garantía de que la memoria o su proceso no falle (lo cierto es que esto ocurre con frecuencia).

Tenemos la capacidad de abstracción en distintos campos, desde las matemáticas al mundo de la experiencia visual. Dada la profunda especialización funcional del cerebro visual, y las distintas zonas implicadas en el procesado de las diferentes señales visuales y que contribuyen a la percepción y, por tanto, al conocimiento en una determinada esfera, vale la pena preguntarse si cada una de esas zonas tiene su propio mecanismo de abstracción o si la abstracción es una propiedad más específica y conferida a una zona/zonas dada/s. Mi fuerte prejuicio a favor de dicha especialización me inclina a pensar en la primera de esas opciones, a pesar de que hoy por hoy no existe evidencia alguna que lo sustente.

Cualquiera que fuera la respuesta, resulta obvio que el mismo proceso selectivo ha de ser de aplicación obligada a todo ejemplo de abstracción posible y de ahí que presupongamos que la abstracción sea una característica general de la unidad del conocimiento.

Otra definición de abstracción, especialmente aplicable al mundo del arte aunque no exclusivo a éste, es el proceso mediante el cual el producto no representa o simboliza los objetos (abstracción no-icónica). Este tipo de abstracción fue tomada de manera diferente por Piet Mondrian, quien buscaba en su arte el modo de representar los elementos constantes en la naturaleza en cuanto a formas, tratando de encontrar aquellos que fueran constitutivos de todas ellas. Mondrian escribió: "El Arte nos muestra la existencia de verdades constantes en relación a las formas" y creía que era función del arte "descubrir, consciente o inconscientemente, las leyes fundamentales ocultas tras la realidad" (Modrian, 1937). Se sentía profundamente atraído por el Cubismo pero "el Cubismo no aceptaba la lógica de sus propios descubrimientos. No dirigía la abstracción hacia su meta última: la expresión de la realidad pura [...] Para crear plásticamente la realidad pura resulta necesario reducir las formas naturales a sus elementos constantes" (la elipsis es mía).

Este tipo de abstracción comparte cierta similitud con el primero de ellos en cuanto que es también eliminativa. En términos de visión de color, podemos preguntarnos si el cerebro puede construir el color en abstracto, es decir, sin asignarlo o relacionarlo con un objeto concreto y reconocido. Los recientes experimentos con las técnicas de la imagen sobre el cerebro humano demuestran que la actividad producida ante la visión de una composición polícroma y abstracta sin que mediaran objetos reconocibles (un cuadro de Modrian) está restringida al complejo V-4, la región crítica para la construcción del color, y sus zonas circundantes. Por el contrario, cuando los colores son propiedad de objetos reconocibles, entran en juego otras zonas situadas en los lóbulos temporal y frontal del cerebro (Zeki & Marini, 1998).

Otros experimentos demuestran que las formas abstractas y dispuestas en líneas arbitrariamente

ensambladas activan zonas más restringidas del cerebro que cuando las líneas se presentan en una disposición que configura objetos reconocibles (L. Marini y S. Zeki, resultados no publicados). Podríamos, por tanto, presuponer que lo abstracto requiere la activación y participación de un conjunto de zonas mucho más restringido que lo no-abstracto. Una conclusión que podríamos extraer de todo ello es que la participación de zonas más restringidas puede que contribuya al proceso de abstracción aunque no podamos saber cuál es el mecanismo neural implicado.

(I) LA CONSTRUCCIÓN DE IDEALES

El proceso de abstracción conduce de forma natural a la formulación de ideales. Platón utilizaba el término *ideal* con el significado de universal vs lo particular, algo derivado del intelecto exclusivamente. Para él sólo contaban los ideales. La belleza, por ejemplo, es un ideal a contrastar con cosas concretas de apariencia bella para unos y no tan bella para otros, mutabilidad que implica una variabilidad no sólo en cuanto a un individuo sino también entre individuos.

De ahí la intrínseca relación entre los problemas creados por la construcción de ideales y por la variabilidad. Kant (1781) nos dice en su “Dialéctica trascendental” del libro *Crítica de la razón pura* (primera edición) que Platón —mediante el uso del término *ideal*— se refería a “algo que no siempre deriva de los sentidos sino que sobrepasa con mucho el concepto de la comprensión [...] como algo que nunca es congruente en la vivencia”, y añadió: “No deseo [...] establecer aquí lo que el augusto filósofo asociaba a este término. Señalaré únicamente que [...] comparando el pensamiento de un autor sobre este tema, le comprendemos incluso mejor de lo que él se comprendió a sí mismo porque él no definió suficientemente ese concepto” (la elipsis es mía). La percepción, que es fuente de todo conocimiento, ha de ser necesariamente de lo particular en todo momento dado. Pero esto, en el sistema platónico, nos conduce a una impresión superficial, a una opinión subjetiva, a causa de la doctrina de Heráclito sobre el cambio permanente. La percepción siempre es de cosas “que se hacen y nunca son”, en tanto que la adquisición de conocimiento sobre entidades concretas requiere de un aprendizaje sobre cosas que “son pero nunca se hacen realidad y nunca mueren” (Schopenhauer, 1859a). Esto constituye el ideal según Platón y “lo que es en sí” según Kant. Para Kant es la propia mente la que determina la forma con la que la realidad se nos representa y “lo que es en sí” (vagamente similar al ideal platónico) debe permanecer por siempre desconocido para nosotros. De hecho, Schopenhauer (1859a) señaló que el ideal platónico y el concepto kantiano comparten similitudes sustanciales. Ambos conceptos surgieron de forma espontánea de la naturaleza efímera del mundo de la sensatez, el concepto de flujo descrito por Heráclito. La formación de ideales está necesariamente ligada a la formación del pensamiento abstracto, incluso es posible que sea una ampliación de este último ya que resulta difícil creer que la capacidad para crear ideales —indiferentemente de los particulares sobre los que depende en última instancia— sea independiente de la capacidad de abstracción. Estos ideales —de acuerdo con Platón y Kant— pertenecen al mundo de los suprasentidos, y se llega a ellos mediante el proceso del pensamiento puro, siendo por sí solos capaces de proporcionar conocimientos sobre el mundo.

La neurobiología se ha ganado mucho del mérito en cuanto a la definición de la idea de un mundo de los suprasentidos relacionado con la adquisición del conocimiento, aunque quizás no vaya en la línea de lo conceptuado por Platón y Kant. No puede ponerse en duda que los ideales se forman en distintas áreas de experiencia ni tampoco el hecho de que esos ideales a menudo no se corresponden con los particulares de nuestra experiencia pasada o presente. De hecho, los ideales y la formación de éstos son propiedades fundamentales del cerebro y que los neurobiólogos tendrán que estudiar. ¿A través de qué procesos neurales se forman los ideales y en qué lugar del cerebro se realizan esos procesos? Tanto filósofos como neurobiólogos se mostrarían de acuerdo con que la experiencia y la exposición a ella —por tanto, la memoria— son factores críticos. Podríamos añadir que el proceso del pensamiento puro de alguna manera combina las experiencias. Es más, ¿cómo definir ideal platónico o “lo que es en sí” kantiano en términos neurales? Una de las respuestas que yo propongo (Zeki, 1999) no resulta satisfactoria y tiene por único mérito aquel de centrar la atención sobre el hecho de que los ideales y su formación son en realidad un problema neurológico. Yo defino el ideal platónico de un objeto como el registro que el cerebro hace de todos los objetos que ha visualizado, siendo éste dependiente de una multitud de percepciones concretas, y a partir del cual el cerebro es capaz de sintetizar un *ideal*. Aunque resulte quizás inadecuado en términos de conocer qué mecanismos neurales están implicados en ese proceso, hay un experimento interesante en este sentido. Logothetis y sus colaboradores (Logothetis y col. 1994) estudiaron dicho proceso de abstracción en registros de células aisladas del cerebro del mono. Demostraron que cuando los monos quedan expuestos a diferentes formas creadas por ordenador y desconocidas por ellos hasta entonces, la mayoría de las células presentes en el lóbulo temporal descargan una única imagen percibida y esta respuesta va declinando a medida que el objeto va rotando, de tal forma que la representación del mismo origina percepciones cada vez menos conocidas por el animal. No obstante, una pequeña proporción de células (+/- 1 por ciento) responde de forma invariable mediante la representación con percepción de una única y misma imagen del objeto y esto es debido al concurso de un proceso de abstracción. Es más, se observó que para todos los monos que tomaron parte en el

experimento, el tamaño real del objeto y su posición exacta en el campo visual eran factores irrelevantes; una vez más debido al proceso de abstracción. Podemos decir, por tanto, que la exposición visual múltiple hace que una minoría de células sea indiferente a los particulares de una imagen/objeto.

Uno se inclina a pensar que es a través de estos procesos neurales como se crean los ideales. Una pregunta que podemos hacernos es si existe sólo un único proceso cerebral aplicado a la formación de todos los ideales o si la formación de ideales es también un sistema distribuido. A la vista de la evidencia podríamos argumentar a favor de lo segundo aunque sin excesiva certeza. Resulta difícil creer que un paciente que tenga una lesión en el complejo V-4 pueda formarse ideales de color o que un paciente que tenga una lesión en el cuerpo fusiforme —que es la zona del cerebro que codifica las expresiones faciales— pueda formarse ideales faciales, etcétera.

Con todo, resulta difícil negar que un proceso similar puede estar implicado, e incluso duplicado, en muchas de las áreas corticales, ya que, en esencia, la abstracción y el idealismo implican —mediante un proceso neural que nos es desconocido— la selección de rasgos o características (aquellas más importantes para el sujeto), el rechazo de otros y la síntesis de los que son seleccionados en una nueva entidad ligada a las experiencias individuales al tiempo que indiferente a cualquier experiencia concreta. Ahí reside una de las causas de la infelicidad. El cerebro selecciona características que considera importantes “deshaciéndose del lastre innecesario y facilita con ello un manejo más sencillo del conocimiento para poder compararlo y manejarlo en cualquier dirección” (Schopenhauer, 1859b). Debido a la variabilidad entre individuos, lo que el cerebro estima necesario e importante a seleccionar no es necesariamente lo mismo que para otro cerebro. Debido a la variabilidad en el tiempo, lo que un cerebro selecciona como importante en un momento dado durante la formación de ideales no es necesariamente lo mismo que seleccionará en otro momento. A partir de esas características seleccionadas el cerebro construye un ideal, de nuevo mediante un proceso para nosotros desconocido.

Cualquiera que sea el proceso neurológico que resulte en esa formación, se inicia substancialmente desde lo particular/concreto de lo cual emana y que es aplicado en la experiencia presente y futura.

En la práctica, esto no supone un problema real para el individuo. La mayor parte de nosotros, incluyendo a los matemáticos, probablemente no pensemos demasiado en si la línea recta que hemos trazado con una regla parte del ideal, de “lo que es en sí” la línea recta, concepto éste al que llegamos mediante el pensamiento puro. Desde el punto de vista de la neurobiología, esto último sólo puede significar la síntesis de todas las líneas rectas que hemos experimentado, a menos que aceptemos al pie de la letra la creencia de Platón sobre la existencia de tales entidades (las líneas rectas) independientemente de lo que perciba la mente. Pero existen muchos otros ejemplos en los que el ideal, tal y como es elaborado por el cerebro a partir de la experiencia, emana significativamente de lo particular y, por tanto, puede resultar ser una fuente de grandes decepciones. Esto es particularmente cierto de las relaciones humanas, de los logros, de la ambición y de muchas otras cosas que son importantes a la conducta humana. Es más, los ideales creados por el cerebro cambian con el tiempo y la experiencia, haciendo que resulte doblemente dificultoso pasar de lo particular a lo general y abstracto.

En este conflicto de ideales y particulares, entre el conocimiento por parte del sujeto de los ideales y los particulares, podemos encontrar la causa de muchas de nuestras miserias y decepciones. Pero éste sería el resultado o producto final de un sistema eficiente de adquisición de conocimientos. Si el conocimiento se basa en la percepción, a la que el cerebro aporta su contribución formal, y en el pensamiento puro —a lo que el cerebro contribuye en exclusiva— entonces el idealismo y la abstracción han de ser necesariamente subproductos de éste. No sustituiré las intuiciones *a priori* formuladas por Kant respecto del espacio y del tiempo por las intuiciones *a priori* de la abstracción y el idealismo, que son capacidades innatas del cerebro desarrollado al servicio de la adquisición de conocimiento; los dos grandes principios organizativos sobre los que se registra toda experiencia.

(H) LOS IDEALES EN EL ARTE

La frustración derivada de no poder conseguir el ideal en nuestra vida cotidiana es un hecho muy frecuente. A través del arte la humanidad ha tratado a menudo de representar los ideales conformados por nuestro cerebro y que no suelen encontrarse en la realidad de lo particular. Yo he argumentado (Zeki, 1999) que la función del arte visual es una extensión de la función del cerebro visual, principalmente la de adquirir conocimiento. Al igual que el conocimiento ordinario, el arte tiene que enfrentar el problema del cambio permanente, del flujo descrito por Heráclito. De ahí que Henri Matisse (1978) afirmara: “Oculta bajo esta sucesión de momentos que constituye la existencia superficial de las cosas y los seres vivos y que continuamente los está modificando, uno puede encontrar un elemento más cierto, más esencial y que el artista capta para así poder dar a su obra una interpretación más duradera en el tiempo”. Esta afirmación habría sido aceptada tanto por Kant como por Schopenhauer —y por supuesto por los neurobiólogos—, aunque Platón no hubiera estado de acuerdo con ella. En el libro X de su *República*, Platón considera el arte como algo vil, ya que sólo puede aprehender una visión o perspectiva de un objeto concreto y que es un simple ejemplo del objeto más general o “ideal”. Pero como John Constable (1771)

escribe: “Toda la belleza y grandeza del arte consiste [...] en ser capaz de pasar por encima de todas las formas singulares, costumbres locales, particularidades de todo tipo... [El artista] extrae una idea abstracta de sus formas que es mucho más perfecta que cualquiera de las que exhibe el modelo original” (las elipsis son mías). Este proceso, al igual que en el caso de los monos que he expuesto anteriormente, depende de la exposición a múltiples visiones de la misma escena que se va a retratar y la síntesis de estas visiones, lo que Hegel llamaba “concepto”, y se realiza mediante un proceso de pensamiento elusivo. Picasso (1935) dijo una vez, casi en términos neurobiológicos: “Sería muy interesante preservar fotográficamente [...] la metamorfosis de un cuadro. Posiblemente uno descubriría entonces el camino seguido por el cerebro para materializar un sueño” (la elipsis es mía). Para Hegel (1832), el concepto, que de nuevo interpreto aquí como el registro que el cerebro hace de todas las escenas con las que se ha familiarizado, se convierte en idea una vez se ha transformado sobre el lienzo. A través de este proceso de externalización y concreción de lo que hay en el cerebro, el arte “nos equipa con las cosas en sí, ya fuera de la vida interior de la mente”.

Quizás una definición del gran arte podría expresarse como el arte que más se acerca al ejemplo concreto de los conceptos sintetizados (en el sentido que da Hegel) por el mayor número posible de cerebros. Ésta es una proeza difícil de conseguir dada la enorme variabilidad entre cerebros. Un modo de lograrlo sería a través de la ambigüedad, una característica altamente apreciada. Vermeer, por ejemplo, infundía misterio y ambigüedad a muchas de sus obras, pero yo utilizo aquí el término de ambigüedad no en el sentido definido en los diccionarios sino en sentido neurológico: como lo opuesto a la incertidumbre. Mejor dicho, es la certeza de muy diversas situaciones o estados, cada uno de los cuales tiene la misma validez que los demás (Zeki, 1999).

¿Por qué la ambigüedad es una cualidad tan apreciada en el arte? Yo creo que es porque la ambigüedad es un reflejo de la realidad que puede encajar con muchos y distintos ideales o conceptos elaborados por diferentes cerebros y con la variabilidad que conllevan tanto en términos neurobiológicos como en las experiencias por ellos acumuladas. En su libro sobre Cubismo, Albert Gleizes y Jean Metzinger (1913) escriben: “Ciertas formas deben permanecer implícitas de manera que la mente del espectador sea el lugar concreto para su renacer”. No puede haber mejor descripción de la obra de Vermeer o de las esculturas inacabadas de Miguel Ángel, donde casi todo está implícito.

Así pues, la ambigüedad puede adaptarse a distintos cerebros y a distintos tiempos. Ciertamente, allí donde los particulares nunca se corresponden con el ideal elaborado por el cerebro, el arte (al menos para el individuo) ofrece la única solución. Después de todo, Richard Wagner compuso *Tristán e Isolda* a modo de “monumento a la más grande de las ilusiones, el amor romántico”.

3. EL PROBLEMA DE LA VARIABILIDAD

La abstracción y el idealismo son, pues, privilegio de un órgano que gracias a la evolución ha desarrollado una exquisita capacidad para adquirir conocimientos a través de procesos del pensamiento. Ambos conllevan un conflicto entre la experiencia de lo particular o concreto y lo que el cerebro ha elaborado a partir de la experiencia múltiple y, por tanto, los dos pueden dar origen a muchas decepciones en nuestra vida cotidiana. Tales decepciones se exaltan por el hecho de que tanto la abstracción y el idealismo están sujetos a la variabilidad en el tiempo para con un individuo como entre los individuos. Si estas dos características, además de proporcionar enormes ventajas selectivas, constituyen igualmente una fuente de miseria humana, otra característica crítica inextricablemente ligada a ellos en el proceso posiblemente sea la de que constituye una fuente aún más poderosa, si cabe, de infelicidad. Ese factor no es otro que la variabilidad.

El estudio del hombre nos ha enseñado que la variación somática general que existe entre las personas de diferentes culturas y etnias resulta trivial cuando se la compara con la mayor variación existente entre cerebros incluso en poblaciones aparentemente homogéneas en cuanto a cultura y características sociales. En *El origen de las especies*, Darwin (1859) señalaba, sin hacer referencia al cerebro: “Cuando observamos que una parte u órgano se desarrolla de manera extraordinaria en las especies, cabe presuponer que este hecho es de gran importancia para ellas; no obstante, ese desarrollo está eminentemente sujeto a variación”.

Dicha variación no se detecta de inmediato en la organización anatómica y macroscópica del cerebro, su fisiología o su aporte sanguíneo. Resulta muy difícil detectar diferencias entre individuos a este nivel y ésta es una de las razones por las que la fisiología no ha tenido demasiado éxito a la hora de cartografiar el modo en que funciona el cerebro.

Las nuevas técnicas de imagen, además de posibilitar el cartografiado de las áreas del córtex cerebral que están especializadas en sus distintas funciones, nos han proporcionado un cuadro sorprendente de las similitudes que exhiben los diferentes cerebros en cuanto a su organización básica. Ni siquiera el estudio de la percepción del color ha demostrado gran variabilidad en cuanto a la ubicación del “centro del cromático” en el cerebro, a menos a nivel global. Parece ser, pues, que sí existe después de todo una gran similitud básica entre distintos cerebros; una lección importante a recordar a la hora de discutir la relación entre actividad cerebral y experiencias subjetivas, y también extensible al arte, la belleza y la estética en general. Con todo, y a pesar de dicha similitud básica entre un cerebro y otro, las configuraciones mentales de los individuos varían enormemente entre sí, basta con echar una ojeada a los

logros humanos en el arte y la literatura y también en la ciencia. Eso es suficiente para convencernos de que la variabilidad proporciona a nuestra cultura —producto externo de nuestro cerebro— una gran riqueza y ventaja.

La variación que subyace a la miseria psicológica del hombre está en alguna otra parte; puede observarse a través de la conducta, si bien no anatómicamente, y a través de la observación podemos inferir que existen diferencias en la organización cerebral a un nivel que hasta ahora se nos había escapado incluso al estudio microscópico más detallado. Esta variación subyace en las diferencias entre individuos —en su sensibilidad, en su inteligencia, en sus aptitudes, en sus deseos y aspiraciones y en muchas otras cosas—. En pocas palabras, la variación está en sus configuraciones mentales. En el razonamiento de Darwin hay un claro indicio de que la selección evolutiva es un *continuum*, que, como especies, estamos evolucionando constantemente.

En *El origen de las especies*, escribió —sin hacer referencia al cerebro—: “Es sólo en aquellos casos en los que la modificación es comparativamente reciente y extraordinaria donde hemos de buscar la variabilidad generativa, por llamarla de alguna manera, y que sigue muy presente, ya que en este caso la variabilidad aún no habrá quedado fijada por la selección continuada de individuos y seguirá variando en forma y grado precisos y rechazando constantemente aquellos individuos que tienden a regresar a un estadio anterior y con menor grado de evolución”. Esto supone un gran problema para el hombre. La variabilidad es una cualidad apreciada tanto en sentido evolutivo como en el cultural. Con todo, son esas mismas diferencias las que la sociedad prohíbe a los individuos expresar, al menos expresar en su totalidad por el bien global de todos los individuos. Freud, siempre dispuesto a encontrar el origen de muchas de las miserias sexuales del hombre, escribió: “La norma expresa en dichas prohibiciones es que la vida sexual ha de ser idéntica para todos los individuos; no tiene en mente las diferencias innatas y adquiridas en las constituciones sexuales de los individuos y así cercena la posibilidad de éstos para el disfrute sexual, convirtiéndose así en cruel instrumento de injusticia” (Freud, 1930). Pero la sexualidad, aun siendo posiblemente la más profunda de ellas, no es la única esfera en que la variabilidad —a menudo prohibida— se expresa. La capacidad y aspiraciones de ciertos individuos sobresalientes con frecuencia han de ser templadas por las necesidades de otros individuos en la sociedad; la extraordinaria sensibilidad de otros se ve frustrada por la falta de sensibilidad en el entorno en que se desenvuelven. Esto deriva en una paradoja, y que está en el centro mismo de la miseria humana, y es que la evolución, que nos ha proporcionado el único y más variable y por ende más maravilloso de los órganos en la historia de nuestro planeta, condujo a una sociedad que para protegerse a sí misma ha de prohibir esa misma variabilidad y obligar a todos a adoptar una conducta común que no todos están preparados para aceptar debido a su herencia genética.

Resulta algo sorprendente que la variación en las conductas que la sociedad no tolera se expresa hasta la exaltación en el mundo del arte, a menudo perviviendo a través de él. Hay muchos ejemplos de ello y bastará con hacer referencia a tres que son relativamente bien conocidos: el *Phédre* de Racine; el *Don Giovanni* de Mozart (y de Lorenzo Da Ponte) y el *Vautrin* de Balzac. Todos ellos son personajes cuyas conductas varían significativamente de la norma socialmente impuesta; son personajes que muchos encontrarían revulsivos si existieran en la vida real. Sin embargo, la raíz y el origen de la desviación que les caracteriza respecto de la norma impuesta ha de buscarse en la variabilidad, que es además fuente para la evolución de los cerebros y desarrollo de sus potenciales. *Phédre* se enamora inevitable y apasionadamente de su hijo adoptivo y cae en una relación *condenada*, de la que ella es plenamente consciente aunque se muestra incapaz de seguir los dictados de la razón a causa de su constitución mental. En *Don Giovanni*, Mozart (y Da Ponte) creó un personaje al que muchos hoy en día clasificarían sin duda de violador. Él también es víctima de su constitución biológica; su conducta compulsiva hace que le sea difícil aceptar la relación tan especial que las mujeres parecen buscar con su persona. Él permanece siempre indiferente a sus logros y es, curiosamente, su criado Leporello quien lleva el registro detallado de todos sus éxitos amorosos, como bien podemos observar en la cautivadora aria *Madamina*. Al finalizar la obra, acaba por aceptar su destino biológico con valor e incluso dignidad. Balzac, novela tras novela, describe personajes que se dejan llevar por pasiones incontroladas, sean éstas la ambición, la avaricia, el amor o el odio, hasta su inevitable autodestrucción. Su creación más prodigiosa —y también una de las más extraordinarias de la literatura romántica— es *Vautrin*, un cínico asesino que exhibe un deseo inflexible de dominar una sociedad a la cual desprecia y cuya debilidad moral ha conseguido identificar. Pero *Vautrin* también tiene su lado romántico, mediante el cual se apega a lo que ama con intención de dominar la sociedad, para “amar a su criatura, moldearla y manipularla en su propio beneficio” (ilusiones perdidas) y así se convierte en el hombre “que se casa con los eventos y circunstancias a fin de dominarlas y dirigirlas” (Peré Goriot).

Hay muchos otros ejemplos de lo que podríamos denominar conducta patológica en el arte, pero también resulta significativo el hecho de que los autores hayan optado por retratar dichos personajes y más significativo aún que nosotros, la sociedad, hayamos dado tanta relevancia a estas creaciones a juzgar por el éxito perdurable de las mismas. Ha sido el arte el que, en cierto sentido, ha presentado una cara bastante aceptable de la variabilidad humana, el que ha conseguido asegurar la variabilidad en sus páginas, registros musicales u otros en tanto que permite a su vez que podamos empatizar con personajes que se destruyen a sí mismos debido a que la semilla de su autodestrucción está también en nosotros mismos en grado más o menos variable. Representa ciertamente un enorme tributo a las capacidades del cerebro para abstraer y generalizar, por ejemplo, que la historia de Fedra es fácilmente aplicable a

muchos otros textos que se alejan remotamente de la realidad tal y como la desarrolla Racine. En el cambio de milenio la ciencia ha tenido poco éxito a la hora de trazar el substrato neurológico de dicha variabilidad y ha conseguido dar solamente una respuesta imperfecta a la cuestión de si las diferencias en la constitución mental deben ser buscadas en las diferencias existentes entre las propiedades bioquímicas, farmacológicas o de conexión neural, o en algún otro factor que aún no ha sido identificado.

Aunque llegara a encontrarse el origen de la variabilidad, las diferencias en la arquitectura cerebral que dan lugar a dichas variaciones, no serviría de nada para aliviar la infelicidad de los individuos pero sí crearía un tremendo problema para la sociedad: ya hemos visto que así ha ocurrido hasta cierto punto en casos en los que criminales y otros sujetos cuya conducta es socialmente considerada como indeseable han alegado que su constitución mental no les ha dejado otra alternativa sino la de comportarse en la forma en que lo han hecho.

4. CONCLUSIÓN

En este ensayo he tratado de dibujar el camino a seguir por la neurobiología en el siglo entrante, y en el que ha de adentrarse en problemas que han estado en el punto de mira de la filosofía durante milenios. He tratado asimismo de demostrar que esas cuestiones son más abordables desde la neurobiología si se subdividen en sus distintos elementos sin perder de vista el horizonte más amplio de su complejidad. He tratado de argüir que la variabilidad, base del desarrollo evolutivo del cerebro y sus muchos logros, es también la causa directa de sus miserias; que el desarrollo evolutivo de un sistema eficiente de adquisición de conocimientos no depende sólo y exclusivamente del conocimiento sobre lo particular o lo concreto, sino también de su capacidad para abstraer y formar ideales que traen consigo la semilla de la miseria y la decepción.

Sigue, no obstante, poco claro si la mejor comprensión de las capacidades del cerebro para abstraer y formular ideales, o la comprensión de los determinantes de su variabilidad expresados en esas capacidades, traerá consigo una mayor felicidad para el hombre. Yo mismo lo dudo, pero en caso de que la neurobiología aborde estos retos, deberá igualmente enfrentar una cuestión más amplia y que tiene importantes implicaciones. Suponiendo que podamos alguna vez lograr erradicar la variabilidad y suponiendo que, una vez logrado esto, nuestros cerebros elaborasen ideales idénticos, ¿no estaríamos entonces erradicando las fuentes de riqueza propias de nuestra cultura expresadas en las grandes conquistas del hombre? Si este hipotético futuro lograra traer mayor felicidad al ser humano, ¿valdría la pena perseguirlo aun conociendo el alto precio a pagar por ello?

No quiero arrogarme ningún tipo de originalidad por las ideas aquí expresadas. Ciertamente, dada mi profunda ignorancia, de la cual soy cada vez más y más consciente, no me sorprendería descubrir que muchas de mis ideas y pensamientos han sido ya descritos por otros, pero confío en haber podido celebrar la gloria y lamentar las tragedias experimentadas por la raza humana y cuyos orígenes subyacen en la misma causa común.

NOTAS FINALES

1. Que la gratificante riqueza de nuestros cerebros trae consigo el germen de la miseria humana es algo que va implícito en el título del presente artículo y que yo he adaptado del título de la novela de Honoré de Balzac *Splendeur et misères des courtisanes*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTELS, A. & ZEKI, S. (1999), "The architecture of the human colour centre", *Eur J. Neurosci*, (in the press.).
- CONSTABLE, J. (1771), *Discourses on art* (ed. R. Wark, 1975), no. 4.
- CRITCHELEY, M. (1965), *Acquired anomalies of colour perception of central origin*, *Brain* 88, (pp. 711-724).
- DARWIN, C. (1859), *The origin of species*, London: J. M. Dent (Reprinted in 1928).
- EINSTEIN, A. (1916a), "Physics and reality", *J. Franklin Inst.* (pp. 221, 313-347).
- EINSTEIN, A. (1916b), ERNST MACH, *Phys. Z.* 17, (pp. 101-104), Quoted by MILLER, A. I., 1984 *Imagery in scientific thought: creating 20th-century physics*, Boston, MA: Birkhäuser.
- FREUD, S. (1930), *Das Unbehagen in der Kultur*, Translated by J. RIVIERE (1957) as *Civilization and its discontents*, London: Hogarth.
- GLEIZES, A. & METZINGER, J. (1913), *Cubism*, Fisher Unwin, London.
- HARLOW, H. F. & HARLOW, M. K. (1962), "Social deprivation in mankeys", *Sci. Am* 207, (pp. 136-146).
- HEGEL, G. W. F. (1832-1845), *Aesthetics*, vol. 1, Clarendon Press, Oxford, UK, (Translated by T. M. KNOX.)
- HUBEL, D. H. & WIESEL, T. N. (1970), "The period of susceptibility to the physiological effects of unilateral eye closure in kittens", *J. Physiol. (Lond.)* 206, (pp. 419-436).
- HUBEL, D. H. & WIESEL, T. N. (1977), "The Ferrier Lecture: functional architecture of macaque monkey visual cortex", *Proc. R. Soc Lond.* B198, (pp. 1-59).
- KANT, I. (1781), *Kritik der reinen Vernunft*, 1st edn. Translated by W. S. PLUHAR (1996) as *Critique of pure reason*, Indianapolis, IN: Hackett.
- KANT, I. (1783), *Prolegomena*, Translated by P. G. LUCAS (1953), Manchester University Press.
- KANT, I. (1787), *Kritik der reinen Vernunft*, 2nd edn. Translated by W.S. PLUHAR (1996) as *Critique of pure reason*, IN: Hackett, Indianapolis.
- LAND, E. H. (1974), "The retinal theory of colour vision", *Proc. R. Instn. Gt. Br.* 47, (pp. 23-58).
- LEIBNIZ, G. W. (1714), *Monadologie*, Translated by R. LATTI (1898) as *Monadology*, UK: Clarendon Press, Oxford.
- LEWNDOWSKY, M. (1908), "Ueber Abaspaltung des Farbensinnes", *Monatsschrift für Psychiatrie und Neurologie* 23, (pp. 488-510).
- LOGOTHETIS, N. K., PAULS, J., BULTHOFF, H. H. & POGGIO, T. (1994), "View-dependent object recognition by monkeys", *Curr. Biol.* 4, (pp. 401-414).
- LOGOTHETIS, N. K. GUGGENBERGER, H., PELD, S & PAULS, J. (1999), "Functional imaging of the monkey brain", *Nature Neurosci.* 2, (pp. 555-562).
- MATISSE, H. (1978), *Notes d'un peintre*, *La Grande Revue*, LII. Quoted in J. D. FLAM (1978), *Matisse on Art*. UK: Phaidon, Oxford.
- MAXWELL, J. C. (1872), "On colour vision", *Proc. R. Instn. Gt Br.* 6, (pp. 260-271).
- MILLER, A. I. (1984), *Imagery in scientific Thought: creating 20th-century physics*, MA: Birkhäuser, Boston.
- MOLLON, J. D., NEWCOMBE, F., POLDEN, P.G. & RATCLIFF, G. (1980), "On the presence of three cone mechanisms in case of total achromatopsia", in *Colour vision deficiencies*, vol 5 (ed. G. Verriest), UK: Adam Hilger, Bristol, (pp. 130-135).
- MONDRIAN, P. (1937), "Toward the true vision of reality", in *the new art—the new life, the collected writings of Piet Mondrian* (ed. and trans. H. Holtzman & M. S. James), MA: G. K. Hall (1986), Boston.
- MOUTOUSSIS, K. & ZEKI, S. (1997), "A direct demonstration of perceptual asynchrony in vision", *Proc. R. Soc. Lond.* B264, (pp. 393-399).
- NEWTON, I. (1704), *Opticks: or, a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light*, New York: S. Smith and B. Walford.
- PENROSE, R. (1994), *Shadows of the mind*, Oxford University Press.
- PICASSO, P. (1935), "In an interview with Christian Zervos", in *Cahiers d'art X*, 173-178, Quoted in H. B. CHIPP, 1968, *Theories of modern art*. Berkeley, CA: University of California Press.

POINCARÉ, H. (1894), “Sur la nature du raisonnement mathématique”, *Rev. Mét. Mor.* 2, (pp. 371-384), Quoted by MILLER, A. I., 1984, *Imagery in scientific thought: creating 20th-century physics*, MA: birkhäuser, Boston.

POINCARÉ, H. (1898), “On the foundations of geometry”, translated by T. J. MCCORMACK, *Monist* 9, (pp. 1-43), quoted by MILLET, A. I. 1984, *Imagery in scientific thought: creating 20th-century physics*, MA: Birkhäuser, Boston.

RAKIC, P. (1977), “Prenatal development of the visual system in the rhesus monkey”, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 278, (pp. 245-260).

RUSSELL, B. (1914), *Our knowledg of the external world*. London, Open Court.

SCHOPENHAUER, A. (1854), *Über das Shen un die Farben: Ein Abhandlung*, translated by E. F. J. PAYNER (1994), as *On vision and colors: an essay*, UK: Berg, Oxford, (p. 84).

SCHHOPENHAUER, A. (1854a), *Die Welt als Wille und Vorstellung*, vol. 1, 3rd edn, translated by E. F. J. PAYNER (1969), as *The wold as will and representation*, Dover Publications, New York.

SCHOPENHAUER, A. (1859b), *Die wilt alls Wille und Vorstellung*, vol. 2, 3rd edn translated by E. F. J. PAYNER (1969) as *The wold as will and representations*, Dover Publicactions, New York.

SENDEN, M. VON (1932), *Raum- und Gestaltauffassung bei Operierten Blindgeborenen*, translated by P. HEATH (1960) as *Space and light*, Methuen, London.

VON HELMHOLTZ, H. (1911), *Handbuch der Physiologischen Optik*, Voss, Hamburg, Germany.

WITTGENSTEIN, L. (1977), “Bemerkunger uber die Farben”, translated as *Remarks on colour* (ed G. E. M. ANSCOMBE), UK: Basil Blackwell, Oxford.

ZEKI, S. (1990), “A century of cerebral achromatopsia”, *Brain* 113, (pp. 1721-1777).

ZEKI, S. (1993), *A vision of the brain*, UK: Blackwell Science, Oxford.

ZEKI, S. (1999), *Inner vision: an exploration of art and the brain*, Oxford University Press.

ZEKI, S. & MARINI, L. (1998), “Three critical stages of colour processing in the human brain”, *Brain* 121, (pp. 1669-1685).

ZEKI, S., WATSON, J. D. G., LUECK, C. J. FRISTON, K. J., KENNARD, C. & FRACKOWIAK, R. S. J. (1991), a direct demonstration of functional specialization in human visual cortex, *J. Neurosci.* 11, (pp. 641-649).