

Impacto de las infotecnologías, la neurociencia y la neuroética en la educación

por Rogelia PEREA QUESADA

Universidad Nacional de Educación a Distancia

Introducción: El enigma del cerebro

El desarrollo de las sociedades se mide, actualmente, por su capacidad en competencias para el acceso y manejo de la infotecnologías. No cabe duda que esta invasión tecnológica ha penetrado en todos los ámbitos del conocimiento y de la vida hasta llegar a lo más genuino y específico del ser humano: el cerebro.

El cerebro es un órgano del sistema nervioso con funciones especializadas, localizado en el encéfalo de los animales vertebrados y la mayoría de los invertebrados.

La primera década del siglo XXI cobra especial relevancia en el desarrollo de las infotecnologías y su aplicación en el estudio del cerebro humano. Según Sylwester (1995), la neurociencia, gracias a las infotecnologías, ha pasado a ser el más importante campo de investigación de estos últimos 25 años. En el año 2003 Lauterbur y Mansfield descubren la técnica de la

resonancia magnética, cuya contribución fue galardonada con el Premio Nobel. La ayuda técnica supuso un avance impresionante en los métodos de diagnóstico del cerebro a través de las imágenes que del mismo pueden obtenerse. El progreso en las técnicas de *neuroimagen* han contribuido de forma importante al desarrollo de la Neurociencia, y las tecnologías de la imágenes no invasivas han permitido a los investigadores observar directamente los procesos de aprendizaje humano, y en consecuencia poder elaborar métodos de ayuda más eficaces. Los estudios realizados, en consecuencia, sobre el cerebro humano aplicados al mundo de la educación suponen un avance inigualable.

Por otra parte, los *problemas éticos* que implican la modificación del comportamiento humano, a través de la *neurociencia*, suscitan la necesidad de tener en cuenta los principios que de la neuroética se derivan; sobre todo a la hora de diseñar investigaciones que conlleven manipula-

ciones encaminadas a obtener modificaciones en la conducta personal y colectiva.

El cerebro en gran parte es un enigma. No obstante, sabemos que la corteza cerebral designa una estructura delgada y especializada que cubre toda la superficie del órgano. La estructura de la misma está configurada por una lámina de materia gris, de unos tres milímetros de espesor, compuesta a su vez por seis capas celulares superpuestas. Una compleja red de arborescencias une las células de estas capas mediante un gran número de conexiones, que se despliegan transversalmente de una capa a otra, y lateralmente en el seno de la misma capa. Esta red está conectada a otras partes del cerebro y, por lo tanto, el organismo entero por una apretada masa de fibras sensoriales y motrices (materia blanca). Las primeras le transmiten impulsos sensoriales que proceden de todas las partes del cuerpo, en particular, de los órganos de los sentidos. Las fibras motrices envían impulsos a todos los músculos (de Duve, 2004, 295).

La pedagogía del futuro debe conocer el estado de la cuestión de este órgano tan importante con objeto de fundamentar sus diseños de aprendizaje en bases biológicas adecuadas. La ciencia biológica está en un proceso de desarrollo importante que los educadores no deben ignorar.

Y esto es así porque en cada segundo de nuestras vidas, el cerebro y sus centros nerviosos asociados se ven inundados con mensajes procedentes de todo el cuerpo que pueden significar cosas tales como, “descansa”, “envía más sangre”, “crisis de

oxígeno”, “la presión alcanza el punto de peligro”, y otros parecidos. Los mensajes son descodificados y seleccionados para su interpretación, y se envían respuestas adecuadas que le dicen a la consciencia que descanse, al corazón que lata más deprisa o más lentamente, o a los vasos sanguíneos que se dilaten o se contraigan. Todo este dinamismo, esta compleja interacción recíproca, no se pone nunca en palabras ni se revela a nuestra conciencia. Todo tiene lugar de forma automática, gracias a circuitos conectados, como si tratase de un mecanismo de ajuste del funcionamiento (de Duve, 2004, 302).

El cuerpo humano necesita de una educación para la salud que le permita una vida estable, digna y sin sobresaltos imprevistos. No podemos desconocer en nuestras formas de vida las exigencias somáticas de nuestro sistema nervioso. Las sociedades avanzadas, de naturaleza tecnológica, ignoran frecuentemente, los efectos nocivos de ciertos estilos de vida.

En esta hora presente en la que la tecnología se convierte en aliado de la biología para acelerar, según se nos dice, la evolución, habrá que recordar que las infotecnologías no podrá en efecto dejar de constatar su limitación, ya que la estructura macroscópica de un artefacto (se trate de un panal, de un hacha paleolítica, o de una nave espacial) es el resultado de la aplicación, de fuerzas exteriores al objeto mismo. La estructura macroscópica, una vez acabada, no atestigua las fuerzas de cohesión internas entre átomos o moléculas que constituyen el material (y sólo le confieren sus propieda-

des generales de densidad, dureza, ductilidad, etc.) (Monod, 1988, 21).

Los programas de infotecnologías y mundos virtuales, deberán registrar el hecho de que la estructura de un ser vivo resulta de un proceso totalmente diferente en cuanto no debe casi nada a la acción de fuerzas exteriores, y en cambio lo debe todo, desde la forma general al menor detalle, a interacciones “morfogenéticas” internas al objeto mismo. Estructura que atestigua pues un determinismo autónomo, preciso, riguroso, que implica una “libertad” casi total respecto a los agentes o condiciones exteriores, capaces seguramente de trastornar ese desarrollo, pero no de dirigirlo o de imponer al objeto viviente su organización (Monod, 1988).

La biología animal advierte a los agentes sociales y a los educadores que no se puede “legislar” formas de vida contrarias a su proyecto original, vocacional, salvo claro está para ir al desastre. Las utopías sociales que llegaron al poder, pero que desconocían la naturaleza humana, sembraron la vida personal y social de horrores. La tarea educativa, incluso en lo biológico, debe reconocer en el proyecto educativo esta finalidad propia del proyecto humano.

Cuando el comportamiento implica elementos adquiridos por la experiencia, lo son según un programa que es innato, es decir genéticamente determinado. La estructura del programa convoca y guía el aprendizaje que se inscribirá pues en una cierta “forma” preestablecida, definida en el patrimonio genético de la especie. Así es sin duda como hay que interpretar el

proceso de aprendizaje primario del lenguaje del niño (Monod, 1998, 155).

Génesis y evolución de la neurociencia

Aunque el interés por el conocimiento del cerebro humano ha sido una constante en el devenir histórico, tenemos amplios referentes desde la antigua Grecia donde podemos destacar grandes pensadores como Demócrito, Hipócrates, Platón, Aristóteles, entre otros, pioneros en la reflexión sobre la importancia del cerebro. No obstante, se considera el siglo XIX como el momento histórico de mayor relevancia en los avances de la neurociencia, sobre todo por los estudios anatómicos-clínicos sobre las funciones cerebrales.

Durante el siglo XIX y parte del siglo XX existe una amplia controversia entre los seguidores de Franz Joseph Gall (1758-1828) en la corriente “localizacionista” considerando que las funciones mentales residen en áreas específicas del cerebro y por tanto el daño cerebral se relaciona con la zona dañada, y por otra parte los de Pierre Flourens (1794-1867) en la corriente “antilocalizacionista” cuya posición se centra en la cantidad de masa encefálica lesionada. Algunos estudios realizados ponen de manifiesto esta controversia:

El informe realizado por John Harlow (1819-1907) sobre el paciente Phineas Gage, el cual sufrió un accidente y perdió gran cantidad de masa cerebral prefrontal, describe los principales síntomas asociados a esta pérdida. En el informe indicaba que el paciente recuperó su salud física sin alteraciones motoras

ni sensoriales, no se percibieron alteraciones en el habla ni en la memoria, no obstante, su personalidad sufrió grandes cambios; manifestaba que su salud era buena, incluso se había recuperado pero era impulsivo, irreverente y presentaba una escasa deferencia hacia sus compañeros e intolerancia con sus limitaciones y con los consejos cuando no coincidían con sus opiniones; su mente había cambiado tanto que sus conocidos decían que ya no era Gage.

Otro hecho significativo hace referencia al estudio de Paul Broca (1824-1880) sobre la relación entre lenguaje y cerebro, mostrando la zona de la corteza cerebral que acoge el centro del habla, llamado área cortical de Broca. La investigación fue llevada a cabo mediante estudios *post mortem* de cerebros de personas que habían fallecido, con dificultades del habla por lesiones cerebrales, las autopsias realizadas mostraban una lesión en el lóbulo frontal izquierdo, “área de Broca”, esto le llevó a afirmar que la capacidad del lenguaje se localizaba en una región cerebral concreta y no tanto en el conjunto del cerebro.

Karl Wernicke (1848-1905) también investigó sobre los trastornos del lenguaje identificando un tipo especial de afasia diferente al expuesto por Broca donde el paciente podía hablar pero no comprendía, por lo cual se pudo comprobar que los problemas del lenguaje son más complejos de lo que parecían en un principio; sus estudios los realizó de forma interdisciplinar y formuló un modelo sobre la articulación y comprensión del lenguaje (Pillmann, 2003).

Desde los ámbitos de la neuromorfología y la neurofisiología también surgen amplias controversias acerca de las unidades celulares independientes. Merecen destacarse los estudios realizados por el investigador Camillo Golgi (1847-1926) quien descubrió una técnica histológica que le llevó a formular la teoría que consideraba el sistema nervioso como un tejido continuo sin separación de unidades independientes, y el histólogo Ramón y Cajal (1852-1934), que utilizando la misma técnica de Golgi y habiendo estudiando ampliamente el sistema nervioso de animales y hombres, descubrió que las neuronas no formaban un entramado sino que eran independientes, introduciendo la idea de sinapsis y estableciendo la llamada teoría neuronal.

Los años que transcurren entre de 1900 al 2000 se han considerado como la década del cerebro. En julio de 1900 el presidente de Estados Unidos emitió un comunicado en el que manifestaba la importancia de las investigaciones sobre el cerebro a la vez que se dotaba una gran cantidad de recursos para el estudio, este hecho tuvo una gran fuerza mediática e incidencia en el desarrollo de investigaciones planteadas desde diversos puntos de vista científicos, interviniendo también disciplinas éticas y de índole social dada la complejidad que supone el conocimiento del sistema nervioso en la totalidad del ser humano.

No obstante, y reconociendo los grandes avances realizados en el mundo de la neurociencia, queda todavía un amplio campo de investigación hasta poder llegar a una respuesta contundente respecto al

funcionamiento del cerebro de forma holística y a los modos de superación terapéutica de las enfermedades mentales.

La Neurociencia, desde sus inicios, presenta un carácter interdisciplinar, ya que intenta aunar las diferentes disciplinas biológicas que estudian el sistema nervioso.

“Neurociencia’ o ‘Neurociencias’ aparecen como sinónimas e intercambiables para señalar tanto la ciencia biológica que utiliza la morfología, y fisiología de las estructuras que forman el sistema nervioso, como todas las conexiones y comunicaciones que forman el tejido neural, y también, de forma creciente cada día, de su enfermedad, o de su fisiopatología” (Jiménez y Sánchez-Mingallón, 2010, 17).

Infotecnologías y técnicas de registro

El desarrollo tecnológico y las infotecnologías han supuesto una gran ayuda en el avance de la neurociencia. El descubrimiento de la *Tomografía axial computarizada* (TAC) y la *Tomografía de Emisión de Positrones* (PEC) abren una nueva época en el estudio del cerebro gracias a las tecnologías en las imágenes médicas que mejoran considerablemente los métodos de diagnóstico. Permiten un diagnóstico anatómico-patológico de gran precisión que muestra no sólo la ubicación de la patología y su dimensión sino también de su metabolismo y malignidad. La *resonancia magnética nuclear* (RMN) permite observar qué zona del cerebro capta una mayor cantidad de oxígeno en función de la actividad realizada. La *Resonancia Magnética Funcional* (RMF) permite detectar los cambios en el

flujo sanguíneo durante el desarrollo de diferentes tareas sensoriales o motoras, convirtiéndose en una herramienta de gran importancia en la neurociencia cognitiva y su aplicación a la educación.

Los métodos de imágenes cerebrales son importantes herramientas para investigar la estructura y funciones del cerebro, así como para el estudio de las emociones, el lenguaje y la percepción. Las nuevas tecnologías neurocientíficas, gracias a la computación, reflejan con bastante realismo plástico los procesos cerebrales. Pero no se puede olvidar que dicha percepción es el reflejo de una compleja tecnología, ya que lo que se percibe en la pantalla no es un cerebro en particular sino la correlación de múltiples variables convertidas en sugerentes imágenes. Estos estudios han abierto las puertas para una posible modificación y manipulación de los procesos mentales difícil de predecir. Por lo que la investigación en este ámbito supone también un desafío delicado, ya que el cerebro es el núcleo de procesos mentales que nos permiten ser y saber quiénes somos (Rozanes, 2008).

Los avances tecnológicos como es la computación y la nanotecnología, y su aplicación a la neurociencia, han ido configurando la creencia en un nuevo paradigma sobre el futuro del hombre. Muchos “transhumanistas” tienen una fe ciega en la ciencia y en la tecnología, no como instrumento al servicio de la mejora y optimización de las capacidades físicas y mentales del hombre, sino como instrumento que eliminará el sufrimiento, la enfermedad, el envejecimiento, e incluso la mortalidad. Consideran, entre otros su-

puestos, que las máquinas superinteligentes serán capaces de superar a los mejores cerebros humanos. El control de los centros de placer mediante fármacos puede permitir optar por eliminar las emociones negativas en su vida y adquirir una personalidad deseada sin autodisciplina. David Pearce (1997) habla de una era post-Darwinista en la que se podrá eliminar cualquier experiencia adversa sustituyéndola por centros de placer hasta construir un paraíso terrenal (Bostrom, 1998). Como expresa Francis Fukuyama (2004) los pensadores transhumanistas proponen que los seres humanos se transformen en seres que expandan sus capacidades hasta devenir en posthumanos, por lo que considera esta idea como la más peligrosa del mundo.

Se está investigando con sustancias denominadas “drogas inteligentes” o “potenciadores cognitivos”, que se supone mejoran las capacidades mentales como el aprendizaje, la memoria, la concentración y las facultades de razonamiento. Los llamados “potenciadores cognitivos” que actualmente hay en el mercado y que supuestamente contienen sustancias químicas inteligentes que incrementan la agilidad mental, son cuando menos sospechosas. Como muestran Sarah-Jaine Blakemore y Uta Frith (2007), existen pocas investigaciones científicas que hayan mostrado un efecto de estas sustancias en el aprendizaje o agilidad mental, ya que es muy difícil separar los verdaderos efectos de las drogas inteligentes de los efectos placebos.

Sarah-Jaine Blakemore y Uta Frith (2007) nos revelan, a través de estudios

recientes, los efectos inequívocos de los placebos en el cerebro y en la conducta. Mediante el estudio realizado por Martin Ingvar y Pregdrag Petrovic de Estocolmo, en el que se hicieron escáneres a voluntarios mientras los pacientes soportaban varios niveles de dolor. De hecho ninguno de los estímulos dolorosos era excesivo, solo lo suficiente como para que los participantes los consideraran ligeramente dolorosos. Junto con los estímulos dolorosos los voluntarios recibían también una inyección de analgésico o de un placebo: este último se trataba de una solución salina sin propiedades analgésicas ni terapéuticas. Los voluntarios no sabían que era una solución salina, creían que era un analgésico. Todos los participantes dijeron que el estímulo era menos doloroso después de recibir el analgésico o la solución salina, lo cual ponía de relieve el efecto de los placebos. Pero más sorprendente aún era comprobar en los escáneres que la solución salina tenía en las redes del dolor del cerebro un efecto muy similar al del verdadero analgésico. Según este trabajo la simple creencia de que el fármaco reduce el dolor afecta a las partes del cerebro que lo procesa.

Bioética, Neuroética y sentido del ser humano

La etimología de la voz “ética” evoluciona desde la palabra griega *ethos*, que originariamente significaba “morada”, “lugar donde se vive” y que terminó por señalar el “carácter” o el “modo de ser” peculiar, el comportamiento de alguien. La dificultad moderna para definir los principios que la informa se deriva del inmanentismo moderno, y muy particularmente del postmodernismo, quienes

consideran que todo conocimiento es fenoménico. Lo que implícitamente supone un relativismo radical cultural que eleva a la misma categoría de excelencia cualquier forma o estilo de vida en la práctica social o educativa.

La inquietud por las cuestiones de bioética se pone de manifiesto con la creación del *Institute of Society, Ethics and the Life Sciences*, en Weu Cork, 1969, y conocido actualmente como “*Hastings Center*”.

El vocablo “bioética” se introdujo hace algunas décadas (1970) por Van Rensselaer Potter, Profesor de Oncología en la Universidad de Wisconsin, con la finalidad de definir el estudio de los comportamientos humanos en el campo de las ciencias de la vida. El primer centro oficial con este nombre se constituye unos años más tarde (1972): *The Joseph and Rose Kennedy Institute for the Study of Human Reproduction and Bioethics*, en el Georgetown University de Washington.

La bioética, desde la perspectiva histórica, surge como consecuencia de los problemas que se plantean a la ética médica, en el ámbito de la relación médico-paciente, e investigador-objeto de la investigación. Pretende alcanzar una ética de la vida, una salvaguarda acerca de la capacidad humana para intervenir sobre la generación. Trata de estudiar algunas cuestiones suscitadas por el desarrollo científico-tecnológico de los saberes biológicos y médicos. Propone unos criterios que le permitan al hombre mantener su identidad así como una vida auténticamente digna, y también advierte de los

peligros potenciales de una intervención tecno-científica sobre la propia naturaleza humana.

Son diversas las definiciones formuladas sobre el término bioética. Abel (1989) la define como el estudio interdisciplinar de los problemas suscitados por el progreso biológico y médico, ya sea tanto a nivel microsocial como macrosocial y su repercusión en la sociedad y en su sistema de valores, tanto en el momento presente como en el futuro.

Si analizamos la definición de bioética entendida como el estudio sistemático de la conducta humana en el campo de las ciencias de la vida y del cuidado de la salud, en cuanto que esta conducta es examinada a la luz de los valores y principios morales podremos apreciar la complejidad de su entramado (Reich, 1983). Según a quien preguntemos nos dará una definición diferente de los términos implicados: ya sean conducta, valores y principios morales. Por lo que la confrontación es grande, ya que subyace como denominador común una diferente concepción de la naturaleza humana. La reflexión sobre qué es el hombre es supuesto básico para la formulación de una bioética que respete la identidad humana. La ciencia estará al servicio del perfeccionamiento de la vida y los principios generales que la configuren, la bioética no pueden ser “antinada”. La razón universal, natural (en su mejor sentido), se ha de abrir no sólo hacia la realidad, sino hacia la verdad de esta. Una victoria científica es un triunfo humano pero esta se valida en el conjunto de la vida y del universo. La ciencia y la técnica prestan servicios esplendidos al

ser humano pero no pueden por sí solas definir el sentido plenamente humano de la vida, de la libertad, de la justicia, de la solidaridad, etc. La ciencia y la tecnología están ordenadas al hombre que les ha dado origen y crecimiento, tienen por tanto en la persona humana y en sus valores morales el sentido de su finalidad y la conciencia de sus límites (López-Barajas, 1997).

La bioética no tendrá fundamento si no reflexiona acerca del sentido antropológico y la necesidad de la ontología, ya que deberá buscar respuestas a preguntas como: ¿qué es el hombre?, ¿se satisface el hombre respondiendo sólo a preguntas de su ser social, biológico y psicológico? El hombre al descubrir una certeza científica se siente enriquecido, pero después de cada logro científico alcanzado se suelen abrir nuevos interrogantes. Esto es así porque tiene una tendencia natural hacia la ontología, hacia la esencia de los objetos. El hombre moderno se mueve en la contradicción de querer someter todo a contraste y replica, y al mismo tiempo, experimenta la insatisfacción de su limitada inteligencia ante certezas parciales.

El mérito de la modernidad es haber destacado la importancia de la contextualización social y psicológica de la vida humana. Pero el error ha sido olvidar que lo fundamental en el hombre es su esencialidad; aunque ciertamente se dé ésta en una contextualización histórica y con una singularidad ejemplar. La antropología moderna (cultural) es muy sensible a la existencia humana, pero en esta actividad pendular, frente a la metafísica ante-

rior, ha desoído lo esencial, lo universal del ser humano. Probablemente porque la metafísica ignoró la percepción subjetiva, la afectividad y los valores de la etnia y los matices de la biografía. El camino de las esencialidades no es la explicación sino la deducción reflexiva, propia de la razón universal (López-Barajas, 1997).

La bioética debe ser capaz de trascender las ciencias y las culturas, debe buscar una ética universal.

“La civilización científico-técnica ha confrontado a todos los pueblos, razas y culturas con una problemática ética común, la falta que presta a la consideración de las tradiciones morales y culturales, propias de cada grupo. Por primera vez en la historia del género humano los seres humanos se encuentran emplazados prácticamente frente a la tarea de asumir la responsabilidad solidaria por los efectos de sus acciones a escala planetaria. Podríamos pensar que a esta coacción a la responsabilidad solidaria debería corresponder la validez intersubjetiva de normas o, al menos, del principio fundamental de una ética de la responsabilidad” (Apel, 1985, 344).

Dentro del ámbito de la bioética y ante el cúmulo de investigaciones de carácter cientifista sobre el sistema nervioso, surge la neuroética con un perfil propio. No existe un consenso generalizado que permita dar una definición comúnmente aceptada sobre el concepto de neuroética, ya que como ocurre en los diferentes ámbitos del conocimiento las posiciones teóricas son diferentes. Una de

las definiciones mas generalizadas es la formulada en el congreso de San Francisco (2002) como “el estudio de las cuestiones éticas, legales y sociales que surgen cuando los descubrimientos científicos acerca del cerebro se llevan a la práctica médica, las interpretaciones legales y las políticas sanitarias y sociales” (Dana, 2002, III) y también “El examen de lo correcto e incorrecto, bueno y malo, en el tratamiento del cerebro humano, en su perfeccionamiento, o en la indeseable invasión en el cerebro o en su preocupante manipulación” (Dana, 2002, 5).

Como señala Alcoberro, la neuroética, en lo que podría ser su programa mínimo, ha de promover el uso responsable de las neurociencias, lo que puede considerarse como la bioética aplicada a los estudios sobre neurociencia y sobre el uso de las neurotecnologías, pero en un nivel más profundo; “su programa máximo” estaría en un proyecto de integración de las neurociencias en la ética.

La definición formulada por Gazzaniga (2005) recoge de forma sintética las formulaciones teóricas de la neuroética, entendiéndola como: el análisis de cómo queremos enfrentar los aspectos sociales de la enfermedad, la normalidad, la mortalidad, el estilo de vida y la filosofía de vida informados por nuestra comprensión de los mecanismos cerebrales subyacentes. En síntesis es –o debería ser– un esfuerzo por elaborar una filosofía de vida basada en el cerebro.

Neil Levy (2008) define la neuroética como una reflexión ética del uso de las diferentes tecnologías y técnicas aplicadas

a la neurociencia, y también a otras ciencias de la mente. Se plantea interrogantes acerca de algunas aplicaciones de la neurociencia como podría ser el uso de fármacos que amenacen el sentido del ser humano, y también la legitimidad sobre dictar sentencias penales en función de la interpretación de imágenes cerebrales o estudios electroencefalográficos.

Los grandes avances científicos en el campo de la neurociencia están propiciando, cada vez más, el planteamiento, por parte de los propios científicos, de grandes cuestiones sobre el sentido del ser humano. La neuroética “pone de relieve que el esfuerzo por encerrar al hombre en su “absoluta” biología le lleva a una esquizofrenia de reflexión e interpretación de la realidad de la que –precisamente por su carácter latente– le resulta cada vez más difícil de salir” (Jiménez y Sánchez-Mingallón, 2010, 15). El carácter interdisciplinar de la neuroética dentro del amplio mundo de la tecnología biológica y del mundo cognitivo y emocional ha propiciado una gran preocupación por los problemas éticos de gran complejidad.

La neurociencia puede considerarse sin duda, como la disciplina biológica que más potencial mediático está teniendo en los últimos años. Recientemente se está dando en nuestra sociedad del conocimiento gran importancia a las funciones del sistema nervioso así como también a la creencia de carácter cientificista que podemos manipular nuestro cerebro para mejorar y aminorar las deficiencias (Jiménez y Sánchez-Mingallón, 2010, 53). Cualquier descubrimiento o hallazgo científico debería suponer un avance, un

beneficio humano, pero no podemos olvidar que no todo lo que científicamente es posible es un bien para el hombre, y por tanto es éticamente aceptable, en este sentido la revista *The economist* (2002) expresa su preocupación por los peligros de esta nueva disciplina. La neurociencia pone de manifiesto la necesidad de mantener una actitud preventiva como ocurre en el ámbito de la manipulación genética. De igual forma no hay que olvidar que, como señala Illes (2003), los conocimientos que nos dan las neurociencias tienen consecuencias prácticas en diversos ámbitos que van mas allá de esta disciplina. Los avances en los métodos de investigación en neuroimagen, por ejemplo, permiten monitorear el funcionamiento del cerebro, vulnerando la privacidad e intimidad de la mente, y podrían permitir juzgar a una persona no sólo por sus acciones, sino también en función de sus pensamientos.

Con la neurociencia se podrá llegar a una ética universal de normas y valores morales asumidos y respetados por todos los seres humanos, pues la ética al no ser ya concebida como emanada de Dios o grupos religiosos sin Dios, sino anclada en las raíces evolutivas del hombre y su cerebro puede encontrar un único punto común de anclaje, y los valores éticos tan diferentes en los distintos grupos étnicos pueden converger en reglas y normas centradas en la base común de todos los hombres, el cerebro humano (Mora, 2007).

Los problemas éticos que se le plantean a las neurociencias son de una gran envergadura y graves consecuencias éticas con respecto al ser del hombre, ya que

la intervención y manipulación del cerebro, aún con supuestos fines positivos como pueda ser mejorar el conocimiento científico o probar la culpabilidad o inocencia de una persona, pueden violar la integridad del ser humano.

Evaluar el nivel de lucidez mental y la capacidad de libre albedrío de alguien mentalmente enfermo, y bajo el escrutinio de la ley, es un gran reto para la educación y la ciencia que, en determinadas circunstancias, podría comprometer el derecho ciudadano a la privacidad. Cada cual tiene la libertad de pensar lo que quiera y de preservar sus ideas de la forma que mejor considere. Por ejemplo, algunas tecnologías modernas que suponen la posibilidad de “leer el pensamiento”, sin el consentimiento de la persona, pueden resultar violatorias (Razones, 2009). Esta problemática exige la necesidad de una integración de las neurociencias en una ética sustantiva y esencial.

La neurociencia aplicada a la educación

Los avances científicos realizados sobre el cerebro humano han permitido también conocer mejor los mecanismos cerebrales que posibilitan el aprendizaje, esto hace que la pedagogía pueda ser mas acorde con el desarrollo neurofisiológico de la persona.

Sabemos que el cerebro posee una estructura compleja y ramificada compuesta por numerosas células o neuronas. En este entramado se regula nuestro organismo y nuestra vida consciente, nuestras emociones y nuestro comporta-

miento. Algunas técnicas como las neuroimágenes cerebrales, que pueden medir la actividad cerebral mientras se realiza una actividad, han permitido una mejor comprensión y esclarecimiento de cómo aprende el cerebro humano. Comprender cómo el cerebro adquiere y conserva la información, conocer su desarrollo y patologías permitirá tratar con mayor rigor científico la diversidad en el aula.

El aprendizaje aunque es una actividad inherente y todos tenemos la capacidad de aprender, sin embargo, se sabe que la inteligencia de un individuo está relacionada con sus conexiones dendríticas y que puede ser desarrollada. Las neuronas estimuladas de forma adecuada pueden formar nuevas conexiones intercambiando información y así desarrollar nuevas habilidades; de igual forma dichas conexiones necesitan ser utilizadas para mantenerse vivas, pues si no se pierden. Es necesario mantener una actividad mental en todas las etapas de la vida, desde la infancia hasta la vejez.

Durante un largo periodo de tiempo se creía que nacemos con un número determinado de neuronas que vamos perdiendo a lo largo de la vida sin poder regenerarlas. Sin embargo, actualmente se conoce la gran plasticidad del cerebro y su capacidad para aprender, la neurogenesis o regeneración de las neuronas es posible. Si debido a una lesión cerebral, ciertas neuronas se dañan, otras pueden aprender sus funciones e incluso llegar al 100% de funcionamiento normal, todo esto está conectado con la influencia del estímulo y del medioambiente. Estos descubrimientos deben ser interpretados con

rigor para que su aplicación no suponga ningún riesgo, por ejemplo, se sabe que durante los tres primeros años de vida el cerebro de los niños tiene una gran capacidad de desarrollo, lo que no significa que los niños de esta edad sean sometidos a la realización de numerosas actividades.

Como señala (Marina, 2007) una de las grandes tareas de la educación es ayudar a construir un yo ocurrente, fluido, fértil, animoso, optimista, tenaz. La otra gran tarea consiste en formar un sistema de autocontrol, lo que llamamos inteligencia ejecutiva, que se encargue de seleccionar, iniciar y dirigir esas ocurrencias. Alcanzar un buen desarrollo y coordinación de ambas inteligencias es la gran meta pedagógica.

Según Judy Willi, toda información valiosa para su selección y discriminación en el proceso de aprendizaje tiene que pasar por tres filtros en nuestro cerebro, presentes en el sistema de aprendizaje RAD: sistema reticular de activación (RAS), filtro positivo de la amígdala y la intervención de dopamina.

Las emociones ocupan un lugar importante en el desarrollo del aprendizaje. Cuando el cerebro detecta estrés puede bloquear la información. Se ha demostrado que el nivel elevado de estrés afecta a las neuronas produciendo un mal funcionamiento, de aquí la importancia de un clima relajado en el aula libre de estrés y tensión para que las neuronas puedan responder adecuadamente. El sueño adecuado, así como el ejercicio en la vida diaria favorecen que el cerebro libere el estrés.

El aprendizaje es posible a lo largo de la vida. Hasta hace poco los neurólogos sostenían que hay fases sensibles que cuando se cierran no se pueden abrir, sin embargo actualmente se conoce que aunque hay periodos de una mayor sensibilidad en la formación de las estructuras, la plasticidad del cerebro llega hasta la vejez, ya que se ha comprobado que trascurridos esos tiempos y aunque el ritmo sea más lento, las estructuras pueden seguir configurándose.

Aunque para el desarrollo normal del cerebro se necesite una base genética, también se requiere una estimulación ambiental. Se ha comprobado que las áreas sensoriales del cerebro sólo pueden desarrollarse cuando el entorno contiene los estímulos sensoriales necesarios. En el caso de niños pequeños es especialmente importante la interacción con otras personas incluyendo el lenguaje y la comunicación. Una serie de estudios realizados ponen de manifiesto que los niños que se crían en condiciones de precariedad, mal nutridos y con falta de estimulación sensorial y social tienen mayor probabilidad de deterioro en su desarrollo cognitivo, emocional y social. Michael Rutter (2000) y su equipo en la Universidad de Londres observaron una estrecha relación entre la duración del estado de privación y la gravedad del retraso intelectual del niño. No obstante, estos niños que han sufrido grandes privaciones pueden recuperarse si se les proporciona una atención y estimulación rehabilitadora, ya que como indica Blakemore (2007) nunca es demasiado tarde para una asistencia reparadora.

Los estudios de neurociencia aplicados a la educación nos muestran que el aprendizaje no se limita a la infancia sino que, como hemos expuesto anteriormente, recorre toda la vida, debido a que el cerebro posee una gran plasticidad y está cambiando y reorganizándose continuamente.

Síntesis y conclusiones

El desarrollo científico y tecnológico alcanzado en las últimas décadas ha dado lugar a la aparición de una serie de herramientas que permiten un estudio profundo del cerebro y que hace un siglo era impensable, ya que la investigación en este ámbito procedía del estudio de cerebros no vivos, obtenidos de autopsias. La mayoría de estas herramientas se basan en el principio de que las células cerebrales transmiten información en forma de impulsos eléctricos. Con estas nuevas tecnologías, gracias a la computación, se ha podido investigar la estructura y funciones del cerebro, así como las emociones, el lenguaje y la percepción. El optimismo respecto a estas nuevas tecnologías es tal que se ha ido configurando un nuevo paradigma sobre el futuro del hombre, hasta pensar que los seres humanos pueden transformarse en seres que expandan sus capacidades hasta devenir en posthumanos.

Los problemas éticos que se le plantean a las neurociencias exigen de la comunidad científica una profunda reflexión sobre el verdadero sentido del ser humano y su identidad, para evitar los graves peligros de una intervención tecnológica sobre la naturaleza humana. La ciencia y la tecnología están ordenadas al hombre en su

totalidad, no sólo en un sentido biólogo, sino que también debe resolver los problemas éticos que se suscitan con respecto al ser del hombre, debe buscar un proyecto de integración de las neurociencias en una ética sustantiva y esencial.

Por otra parte, con la ayuda de las neurociencias se han podido elaborar métodos de aprendizaje más acordes con el desarrollo neurofisiológico de cada persona. Sus estudios aplicados a la educación muestran que el aprendizaje no se limita a la infancia sino que abarca toda la vida, como consecuencia de la gran plasticidad del cerebro que se halla cambiando y reorganizándose continuamente.

Finalmente habrá que decir, que la razón instrumental, empírica, experimental, y ahora infotecnológica, no puede reducir el sentido de la educación a los niveles biológicos, psicológicos y culturales. La educación en muchos casos hoy se reduce a la formación cívica, psicológica, y biológico social, lo que motiva que las metas educativas se reduzcan a los roles aprendidos del grupo (ético-culturalismo), al adiestramiento o entrenamiento (biologismo), al desarrollo histórico socio estructural, al comportamiento basado en programas de estímulo-respuesta (psicologismo), y a la consideración ecológica de la relación y función estructural de los individuos. La libertad humana, la dignidad de los seres humanos, sólo es posible si además se considera la ontología del ser humano, sólo si admitimos que en el ser humano hay algunos valores que permanecen, que no cambia. El inmanentismo se opone al trascendentalismo, pero no a la inversa (López-Barajas Zayas,

2000, 55). El trascendentalismo considera el mundo interior y el exterior de la vida humana, donde no todo es una construcción ideal.

Dirección para la correspondencia: Rogelia Perea Quesada. Departamento de Teoría de la Educación y Pedagogía Social. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Paseo Senda del Rey, 7. 28040 Madrid. E-mail: rperea@edu.uned.es.

Fecha de recepción de la versión definitiva de este artículo: 29.IX.2010

Bibliografía

- ABEL, F. (1989) Bioética: origen y desarrollo, en ABEL, F.; BONÉ, E. y HARVEY, J. C. (eds.) *La vida humana: origen y desarrollo* (Sal Terrae, Santander, Universidad Pontificia Comillas).
- ALCOBERRO, R. *Neuroética: Dos sentidos en un concepto*. Ver: www.alcoberro.info (Consultado el 25.X.2010).
- APEL, K. (1985) *La transformación de la filosofía* (Madrid, Taurus), p. 344.
- BARON COHEN, S. (2004) *La gran diferencia: cómo son realmente los cerebros de hombres y mujeres* (Barcelona, Amat Editorial).
- BLAIR, J. (2005) *The Psychopath: Emotion and Brain* (Oxford, Blackwell).
- BLAKEMORE, S. J. (2007) The social brain of a teenager, *Psychologist*, 20:10, pp. 600-602.
- BOSTROM, N. ¿Qué es el Transhumanismo? Ver: <http://www.futurovenezuela.net/ATV/articulos/transhumanismo.htm>.
- BROCA, P. P. (1861) Remarques sur le siège de la faculté du langage articulé, suivies d'une observation d'aphémie, *Bulletins de la société anatomique de Paris*, 36: 2ème, tome 6, pp. 330-357.
- BRUER, J. (1999) *El mito de los tres primeros años: una nueva visión del desarrollo inicial del cerebro y el aprendizaje a lo largo de la vida* (Barcelona, Paidós).
- DANA FOUNDATION (2002) *Neuroethics: Mapping The Field, Conference Proceedings* (New York, The Dana Press).

- DE DUVE, C. (2004) *La vida en evolución* (Barcelona, Dra-kontos Crítica).
- FLOURENS, M. J.-P. (1824) *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux, dans les animaux vertébrés* (Paris, Chez Crevot) 2 p.l., XXVi, 331, [3] p. 20 cm.
- FUKUYAMA, F. (2004) *The world's most dangerous ideas: transhumanism*. Ver: <http://keepmedia.com/pubs/Foreinsgnpolicy/2004/09/01/564801?page=4> (Consultado el 20.X.20010).
- GALL, F. J. y SPURZHEIM, J. G. (1810-1819) *Anatomie et physiologie du système nerveux en général, et du cerveau en particulier, avec des observations sur la possibilité de reconnoître plusieurs dispositions intellectuelles et morales de l'homme et des animaux, par la configuration de leurs têtes*, par GALL, F.J. et SPURZHEIM, J. G. *Premier [quatrième] volume...* (Paris, F. Schoell), 4 vols. + atlas. 2 p.l.kuxm [1], 352.
- GAZZANICA, M. (2005) *The Ethical Grain* (Chicago, Dana Press).
- HAND, M. (2009) On the Worthwhileness of Theoretical Activities, *Journal of Philosophy of Education*, 43:1, October.
- HARLOW, J. M. (1868) *Recovery from the passage of an iron bar through the head* (Paper read before the Massachusetts Medical Society); Publications of the Massachusetts Medical Society, 2, pp. 327-347.
- INGNAR, M. y PREGDRAG, P. (2010) Citado en BLAKEMORE, S. J. (2010) *Cómo aprende el cerebro* (Barcelona, Ariel).
- ILLES, J. (2003) Neuroethics in a new era of neuroimaging, *AJNR Am J Neroradiol*, 24:9, pp. 1739-1741.
- JIMÉNEZ, J. M. y SÁNCHEZ-MIGALLÓN, S. (2010) *De la Neurociencia a la Neuroética* (Pamplona, Eunsal).
- JOHNSON, M. H. (1997) *Developmental Cognitive Neuroscience* (Oxford, Blackwell).
- KOCH, C. (2003) *La consciencia* (Barcelona, Ariel).
- LAUTERBUR, P. y MANSFIELD, P. http://www/movelprize.org/nobel_prizes/lauteates/2003.
- LEDOUX, J. (1996) *El cerebro emocional* (Barcelona, Planeta).
- LEVY, N. (2008) Introducing neuroethics, *Neuroethics*, 1, pp. 1-8.
- LÓPEZ-BARAJAS ZAYAS, E. (1997) Naturaleza humana, bioética y epistemología, en PEREA QUESADA, R. *Vida humana y bioética* (Madrid, UNED/FUE).
- LÓPEZ-BARAJAS ZAYAS, E. (2000) *Introducción a las Ciencias de la Educación* (Madrid, UNED).
- MONOD, J. (1998) *El azar y la necesidad* (Barcelona, Tusquets).
- MORA, F. (2007) *Neurocultura* (Madrid, Alianza).
- MORGAN ALLMA, J. (2004) *El cerebro en evolución* (Barcelona, Ariel).
- PEARCE, D. *The Hedonistic Imperative*. Ver: <http://www.hedeweb.com/hedethic/hedon5.htm>. (Consultado el 28.XI.2010).
- PILLMANN, F. (2003) Carl Wernicke (1848-1905), *Journal of Neurology*, 250:11, November, pp. 1390-1391, PMID: 14648163, doi: 10.1007/s00415-003-0250-x, Ver: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14648163>.
- PINKER, E. (1994) *El instinto del lenguaje: como crea el lenguaje la mente* (Madrid, Alianza Editorial).
- PROYECTO "DÉCADA DEL CEREBRO": Fue una iniciativa patrocinada por la Biblioteca del Congreso (LC) y el Instituto Nacional de Salud Mental (NIMH) de los Estados Unidos. Su objetivo primordial era dar cuerpo a los objetivos propuestos en la resolución 174 del Congreso. Públicamente presentado el 17 de Julio de 1990.
- REICH, W. T. (Ed.) (1983, 1995) *Encyclopedia of Bioethics* (5 vol.) (New York, MacMillan).
- ROZANES, M. (2009) Neuroética psiquiátrica. Una asignatura pendiente, *Salud Mental*, 32:5, septiembre-octubre.
- RUTTER, M. (2000) *Conducta antisocial, Tratamiento y Prevención en la Infancia* (Granada, Universidad de Granada).
- SLATER A. y DARWIN, M. (1999) *Developmental Psychology* (Oxford, Blackwell).

SYLWESTER, R. (1965) *A celebration of neurons: An educator's guide to the human brain* (Alexandria, Virginia, Association for Supervision and Curriculum Development).

SYLWESTER, R. (1995) *A Celebration of Neurons: An Educator's Guide to the Human Brain* (Alexandria, VA., ASCD).

THE ECONOMIST (2002) The future of mind control, *The Economist*, 5725/2002, 363:8274, p. 11.

VAN RESSLAER, P. (1970) Bioethics, the science of survival. Ver: <http://www/sld.cu/sitios/mmm/temas.php?idv=6806> (Consultado el 28.XI.2010).

Resumen:

Impacto de las Infotecnologías, la neurociencia, y la neuroética en educación

La neurociencia, gracias a las infotecnologías, es uno de los campos de investigación de mayor relevancia en los últimos años. Los métodos de imágenes cerebrales constituyen importantes herramientas para investigar la estructura y funciones del cerebro así como para el estudio de las emociones, el lenguaje y la percepción. Su aplicación al campo de la educación ha supuesto un hito inigualable.

Por otra parte, los *problemas éticos* que sustentan la modificación del comportamiento, a través de la *neurociencia*, exige una profunda reflexión por parte de la neuroética sobre lo sustantivo y esencial del ser humano; sobre todo en el momento del diseño de aquellas investigaciones que conlleven manipulaciones encaminadas a obtener modificaciones en la conducta personal y colectiva.

Descriptor: infotecnologías, neurociencia, bioética, neuroética, educación.

Summary:

Impact the Information Technologies, Neuroscience, Neuroethics and Education

Neuroscience has, thanks to information technologies, become one of the most significant fields of research in recent years. Brain-imaging methods are important tools for investigating the brain's structure and functions and for studying emotions, language and perception. Their application to the field of education has set an unprecedented milestone.

Furthermore, the *ethical problems* that underlie behaviour modification, through *neuroscience*, demand profound reflection by neuroethics about what is substantive and essential in the human being. Such reflection is especially called for in the design stage of any research entailing manipulation aimed at yielding modifications in personal and collective behaviour.

Key Words: information technologies, neuroscience, bioethics, neuroethics, education.

