

La transformación de la educación por las neurociencias

FERNANDO SANCÉN CONTRERAS*

EL TRABAJO OFRECE UN NUEVO PARADIGMA de la educación utilizando los resultados de las neurociencias acerca del conocimiento, el yo, la conciencia. Éstas ofrecen una visión evolutiva del hombre y su cerebro genética y funcionalmente: mapas neuronales, interacción entre éstos, determinantes en la acción cognitiva. Se amplía esto añadiendo al proceso evolutivo de la materia que llega a ser vida y luego conciencia, el concepto de epigénesis como el devenir propio del ser humano, y la epigénesis sociocultural como base biológica de la educación y del proceso de llegar a ser consciente, crítico y creador del ser humano. Se plantea el nuevo paradigma de la educación que asume la creatividad del sujeto como su valor central, creatividad que requiere y se fundamenta en la interacción con el entorno físico, viviente y social en el que existe. Este paradigma destaca el papel activo del sujeto que conoce y aprende con una actitud crítica indispensable en el proceso educativo como *autopoiesis*, como evolución conscientemente creadora del ser humano.

Palabras clave: epigénesis, epistemología, evolución, *autopoiesis*.

IN THIS PAPER IS OUTLINED A NEW PARADIGM of education based on the results of Neurosciences referring knowledge, the self, consciousness. Neurosciences offer a new evolutionist vision about man, his brain, functional and genetically: neural maps, interaction between them that determines the cognitive action. This is amplified by adding to the evolutive process of matter that comes to life and then to consciousness, the epigenetic process as the becoming of human being. It is mentionned also the sociocultural epigenesis conceived as the biological origin of education and the conscious,

* Profesor-investigador, Departamento de Política y Cultura, UAM-Xochimilco.

critical and creative becoming of human being. The new paradigm of education conceives the subject's creativity as its central value, creativity that requires as its ground the interaction with the physical, living and social environment where his existence is unfold. This paradigm emphasize the active role of subject who knows and learns in a critical outlook imprescindible in the educational process that is seen as *autopoiesis*, as a conscious and creative evolution of human being.

Key words: epigenetic process, epistemology, evolution, *autopoiesis*.

Introducción

Generalmente se acepta que la educación consiste en formar la mente de los niños y jóvenes de tal manera que introyecten en su propia existencia el conocimiento del mundo y los valores que dan cohesión al grupo social. Implica, por tanto, el funcionamiento del cerebro.

Hoy los neurocientíficos coinciden en afirmar que el cerebro humano no es una masa indiferenciada que puede aprender cualquier cosa, sino que de acuerdo con sus capacidades conformadas durante millones de años por el proceso evolutivo, responde a un proceso de selección, no de instrucción, en el cual aplica dichas capacidades de acuerdo con el medio en el que se desarrolla (Gazzaniga, 2011:18-19). Asumiendo que la educación involucra al cerebro, y tomando en cuenta que hoy las neurociencias explican al cerebro y su funcionamiento, el proceso educativo puede ser enriquecido con esa explicación.

Los más recientes resultados de las neurociencias ofrecen una nueva visión del sistema nervioso en los animales. Contamos hoy con una explicación más completa del cerebro, de su formación en el marco de la evolución, de su funcionamiento como el centro de la actividad que los animales desarrollan para mantenerse con vida.

Inicialmente las neurociencias se abocaron a estudiar los efectos de accidentes, trastornos en la operación del cerebro y en las enfermedades degenerativas, además de los trastornos mentales de los que se ha ocupado la psicología. Recientemente, gracias a nuevos y poderosos equipos de observación basados en el manejo de ondas electromagnéticas como el electroencefalograma y la obtención de imágenes por resonancia electro-

magnética, la investigación se aboca a conocer, explicar y controlar las funciones cerebrales observando ya no sólo a animales en laboratorio, sino directamente al cerebro humano. Se ocupan del sistema nervioso, cuyo elemento central es el cerebro, y lo estudian incorporando los aportes de la física y la biología desde el nivel molecular. En general, podemos decir que su paradigma central es la organización de la materia y sus resultados en la formación de cada organismo, ambos vinculados estrechamente con el entorno. Se trata de una visión materialista y monista que rechaza de inicio la tesis cartesiana según la cual el hombre es un compuesto de materia y espíritu. Desde esta perspectiva las neurociencias proponen un nuevo paradigma acerca de la conciencia, del cerebro, del conocimiento que un organismo tiene de su entorno y de sí mismo; en otras palabras, y para el caso del hombre, de la epistemología, sus características y su validez para interactuar con los otros por medio de la comunicación. Este nuevo paradigma se inspira en la teoría de la evolución, desde la cual se explica la construcción neuroanatómica del cerebro y su función.

Gerald Edelman, recogiendo el sentir de otros neurocientíficos, afirma que “nuestra vida mental completa [...] se basa en la estructura y dinamismo de nuestro cerebro” (2006:143). Ahora bien, si la educación consiste en una actividad cerebral orientada al conocimiento y los valores, ¿cómo es que se genera tal estructura conceptual y valorativa en el cerebro de los educandos?, ¿consiste en una simple transmisión? Si es así, ¿cómo explicar desde la función cerebral la formación del lenguaje, su diversidad, y la posibilidad de comprensión entre el cerebro del maestro y el del infante?, ¿estamos ante un esquema de estímulo-respuesta previamente establecido en la naturaleza humana? Estos cuestionamientos planteados desde la teoría de la evolución llevan a reflexionar sobre las características mismas de la educación desde las neurociencias.

Bases biológicas de la educación

Antes de determinar la incidencia de las neurociencias en la educación, mencionamos brevemente algunas de sus aportaciones que nos servirán de base. Las neurociencias explican al cerebro humano desde la perspectiva de la evolución asumiendo que la interacción física es la manera en que existe la materia. Esta interacción se establece entre la estructura

propia de la materia y/o de la célula con el medio en el que se encuentra, y progresivamente crece y se hace cada vez más compleja. Se trata de una relación dinámica entre la estructura que se va conformando desde la composición misma de la materia y el medio en el que existe dicha estructura. Los términos de esta relación siguen conformando no sólo la especie, sino a cada organismo viviente que a su vez es también un término de dicha relación. En efecto, cualquier organismo unicelular posee una estructura por la que mantiene su forma –su existencia– y la reproduce a partir de su interacción con el medio causando también en éste un cambio. Claude Bernard sugirió que todo organismo vivo es “homeostatos”, es decir, que siempre dirigen dicha relación para permanecer vivos incorporando del medio lo que los favorece –alimentándose–; luego con la energía que el alimento les proporciona, buscan nuevos satisfactores. Podemos decir que todo sistema nervioso, como todo ser viviente, se origina y evoluciona como *homeostatos*. Esto supone que tal organismo debe tener una “representación” del medio ambiente de donde obtiene su sobrevivencia (Changeux, 2005:45). En los organismos unicelulares, en efecto, su estructura molecular es capaz de captar y metabolizar las sustancias químicas del ambiente; los organismos superiores cuentan con un órgano sofisticado –su sistema nervioso–, el cual regula sus funciones internas de acuerdo con la representación que del mundo exterior se hacen ellos mismos. A medida que los organismos se fueron haciendo más complejos y se dotaron de motricidad, evolucionó el cerebro –el centro del sistema nervioso– para predecir eventos futuros, lo que les permitió orientar su acción (Llinás, 2002:20).

En el contexto de la evolución general vemos que en comparación con otros animales el cerebro humano fue añadiendo funciones más complejas que requirieron órganos capaces de controlarlas y dirigir las; fue adquiriendo nuevas estructuras moleculares y celulares para responder a las necesidades que le planteaba su medio y progresivamente también a las necesidades que su propia evolución requería. En este proceso evolutivo de las especies es comúnmente aceptado que en los organismos complejos permanecen las estructuras de especies anteriores más simples a las que se añaden otras nuevas; así se detecta en los vertebrados la estructura nerviosa de los invertebrados. Vemos así que en el cerebro humano se distinguen rastros del cerebro de mamíferos, aves, reptiles, anfibios, peces (Carter, 2014:48); estas estructuras –a las que podemos llamar pri-

mitivas respecto del cerebro humano— están conformadas por el mayor número de neuronas y se dice que desarrollan las funciones básicas del organismo, mientras que las funciones propiamente humanas (memoria, lenguaje, imaginación, etcétera) se ubican en las partes evolutivamente más recientes del cerebro¹ y ocupan una cantidad mucho menor de neuronas, aunque con una mayor arborización en sus dendritas. Tenemos así que el cerebro humano es resultado de miles de millones de años de evolución; que posee una configuración genética propia, estructural y funcionalmente diferente de los demás seres vivos, pero que coincide con ellos en tanto que es un organismo vivo que dirige y coordina el intercambio de energía con su medio. Cabe recalcar que a pesar de dicha configuración genética preestablecida, evolucionan luego conforme a su memoria genética, a lo que ya es, y al medio donde vive; existe en permanente interacción física, biológica, social y cultural.

En lo que hace a la función del cerebro humano, las neurociencias sostienen que su funcionamiento consiste en establecer conexiones entre neuronas —llamadas sinapsis—, y que se dan por miles de billones, unas 10^{15} interconexiones. Estas interconexiones no se dan al azar ni menos de manera total, sino que el cerebro actúa como “geógrafo” que elabora mapas o redes —conjunto de neuronas ordenadas y unidas por su función— para reproducir las sensaciones físicas provenientes del mundo donde vive. La formación de redes o mapas neuronales, por tanto, es totalmente selectiva. Hoy las investigaciones acerca del cerebro se dirigen a establecer la naturaleza y ubicación de estos mapas o patrones de conexión. Los mapas o redes neuronales se van conformando desde que nacemos, y aun antes, como respuesta de las neuronas a las percepciones sensibles que el

1. A este respecto, Gazzaniga sostiene que “el cerebro humano tiene en promedio 86 mil millones de neuronas, de las que sólo 69 mil millones se localizan en el cerebelo, esa pequeña estructura situada atrás del cerebro que ayuda a hacer preciso el control del movimiento. Todo el córtex, esa área que pensamos es responsable del pensamiento humano y la cultura, tiene sólo 17 mil millones, y el resto tiene poco menos de un mil millones. El lóbulo frontal y el córtex prefrontal —la parte del cerebro humano que está relacionada con la memoria y la planeación, la flexibilidad cognitiva, el pensamiento abstracto, dando pie a una conducta apropiada e inhibiendo conductas inapropiadas, aprendiendo reglas, sacando información relevante percibida por los sentidos— tiene mucho menos neuronas que las de las áreas visuales, otras áreas sensoriales, y las áreas motoras del córtex. Lo que es mayor en los lóbulos frontales que en el resto del cerebro, es la arborización de las neuronas, lo que hace posible mayor número de conexiones” (2011:32).

feto, luego el infante, el joven y el adulto tienen de su entorno. Pero además este complejo conjunto de redes se comporta como el punto desde el cual el cerebro interpreta las nuevas percepciones sensibles que va teniendo del mundo:

Después de nacer, las experiencias individuales en entornos únicos empiezan a actuar sobre aquel primer patrón de conexión recortándolo, fortaleciendo ciertas conexiones y debilitando otras, haciendo más gruesos o delgados los cables de la red, todo ello bajo la influencia de nuestras actividades (Damasio, 2012:446).

Por tanto, la educación –vista como un proceso de aprender y generar memoria– se ve como el “proceso de tallar, modelar, dar forma, hacer y rehacer los diagramas de conexión de nuestro cerebro” (Damasio, 2012:446), toda vez que el proceso de formación de las redes neuronales no cesa a lo largo de la vida.

Conviene señalar que la formación de las redes neuronales no es definitiva ni rígida. Todo lo contrario. Es un continuo proceso interactivo entre dichas redes y la percepción física que determina permanentemente la relación del organismo con su medio. Así, las neuronas envían mensajes a las fibras musculares y dan pie al movimiento físico, porque previamente conformaron redes que equivalen a imágenes del mundo, “la moneda principal de la actividad mental” (Damasio, 2012:446). La comunicación entre neuronas a través de los impulsos llevados por señales electroquímicas o neurotransmisores se da en milésimas de segundos, y es prácticamente imperceptible. Las sinapsis, por su parte, aunque determinan los impulsos a transmitir, se fortalecen o debilitan también en el intercambio de señales a través de los neurotransmisores. Por tanto, afirma Damasio siguiendo a Donald Hebb, el aprendizaje consiste en el fortalecimiento de las sinapsis, lo cual facilita la posterior activación de las redes neuronales (Damasio, 2012:452).²

Tenemos así que el cerebro humano, al conocer y al aprender, organiza al conjunto de redes neuronales que “representan” al medio percibido. La

2. Esto que presentamos ahora no es sino una muy reducida síntesis de la explicación de la función del cerebro. Una más amplia información puede verse en la obra de Damasio ya citada, así como en los textos de otros autores citados en la bibliografía.

capacidad para generar esas redes está determinada genéticamente, pero la conexión entre ellas depende del medio con el que interactúa el organismo. En otras palabras, el cerebro y su función no están genéticamente determinadas sino que se conforman permanentemente; por ejemplo, nacemos con la capacidad genética para aprender un idioma, pero esa capacidad se ejerce como proceso para aprender un idioma determinado por la sociedad en que vivimos. Esto significa que el cerebro no opera de manera pasiva, sino que reacciona selectiva y diferenciadamente de acuerdo con su entorno social. Es decir que la interacción del cerebro con el medio consiste en un intercambio de energía e información y con ello constituye o reconforma a las mismas redes neuronales ya existentes, o bien a partir de éstas construye otras nuevas. Es por esto que “el cerebro ya no se puede entender como una caja negra [...] porque el cerebro intercambia continuamente energía e información con el mundo exterior” (Changeux, 2005:4). Esta interrelación trae como consecuencia no sólo una autoactivación de la estructura genética sino la permanente autoorganización del cerebro que da pie al aprendizaje.

Todo lo anterior explica la forma en que el animal, ahora racional, se representa el medio con el único objetivo de obtener satisfactores. Pero el hombre no sólo se representa instintivamente su entorno en el momento presente y que es objeto de su conocimiento, sino que se representa a sí mismo y al mundo futuro mediante su imaginación. Así, sostiene Changeux:

[...] las funciones cerebrales destinadas en un inicio a la supervivencia del individuo se extendieron a la del grupo social, con su afán y creciente necesidad por la “exactitud” en la representación del mundo. La evolución cultural, que ha tomado el lugar de la evolución biológica, engendra finalmente en su seno el pensamiento científico y la búsqueda de la verdad, que se transformó en crucial para las sociedades contemporáneas (2005:47).

Sin embargo, la homeostasis continúa siendo el impulso natural, original y fundamental del cerebro y del organismo al que pertenece, lo cual proyecta un nuevo significado al proceso educativo toda vez que éste contribuye a la evolución del cerebro desde una perspectiva social y cultural.

Otra dimensión del cerebro humano explicada como un órgano material en constante interacción con el medio y en permanente autoformación –autopoiesis–, es la conciencia. Como el cerebro, la conciencia, de acuerdo con las neurociencias, tiene su origen en la materia y su expli-

cación parte del mismo proceso evolutivo. En él surge la necesidad de predecir, como lo señalamos, sin lo cual el animal fácilmente sería presa de accidentes o de sus predadores. Además, la paleantropología establece que siendo bípedo el *homo sapiens*, utilizó sus manos como herramientas para transformar el medio y asegurar su sobrevivencia; se sirvió de la imitación, función compleja que facilitó el perfeccionamiento del cerebro y la ampliación de su capacidad cognitiva (Gazzaniga, 2012:26 y ss.).

En las neurociencias se acepta que la conciencia no es una red neuronal o una región determinada del cerebro, menos aún en un principio inmaterial, sino que “la conciencia es causada por la actividad constante entre las áreas corticales y el tálamo y por el córtex al interactuar consigo mismo y con las estructuras subcorticales” (Edelman, 2006:36). Esto significa que la conciencia surge como resultado de la actividad neuronal que relaciona lo percibido con las redes neuronales ya formadas en el cerebro, que podríamos identificar como la memoria. En consecuencia, la conciencia es un proceso que consiste en una enorme variedad de *qualia*, es decir, de acciones diversas realizadas por y en distintas partes del cerebro que no son otra cosa que interacciones de las estructuras neuronales a través de los neurotransmisores. “En tal actividad el cerebro se habla constantemente a sí mismo” (Edelman, 2006:37), y con ello conforma dinámicamente la conciencia de sí mismo, es decir, el yo. Esto hace innecesario invocar al dualismo cartesiano. En consecuencia, la conciencia no es algo material o concreto, sino un proceso de interacciones entre las diversas redes neuronales y la percepción del entorno, lo que significa también que estamos en el terreno de la experimentación constante y alejados de la inmovilidad de la lógica aristotélica determinada por la presencia de premisas firmes y estables:

Quizás la más flagrante violación de la lógica es la pretensión de que para explicar un fenómeno, necesariamente alguien lo ha de repetir. Si alguien insiste en esto absolutamente, nunca podrá explicar la conciencia, la historia, el volar, o los huracanes. Hay ciertos procesos, sin embargo, que antes deben ser experimentados subjetivamente para ser luego explicados. La conciencia es uno de ellos; es necesariamente algo privado porque se forma por la actividad central o principal en el cerebro individual (Edelman, 2006:42).

Esto confirma el hecho, patente para numerosos neurocientíficos, que la conciencia no es “algo” que pueda ser ubicado físicamente en alguna

parte del cerebro humano, sino una función resultante de la interacción entre diversas partes del cerebro y numerosas redes neuronales que se conforman y se reconfirman permanentemente, dando como resultado actos conscientes que el mismo individuo percibe como tales. Es decir, que el ser humano es capaz de percibirse a sí mismo cuando percibe al mundo o lo recuerda, o comunica lo que de él sabe, etcétera. Por tanto, no existe un momento, una red específica, un punto del cerebro donde pueda ser ubicado el momento en que surge y de donde procede la conciencia. Sería, utilizando una imagen de la que se sirven los neurocientíficos, como una sinfonía que no puede ubicarse en un momento porque su ser consiste en fluir; no puede vincularse con un instrumento en particular, porque es el conjunto de ellos la fuente de la armonía. Es un todo en proceso permanente de devenir que no puede ser reducido ni a un momento, ni a un punto físico preciso. Se trata de un todo armonioso que fluye permanentemente. Sólo puede interrumpirse en el sueño o cuando se da un accidente que dañe las neuronas, o por alguna enfermedad que altere el libre fluir de los neurotransmisores en el cerebro.³

Educación y auto-*formación*. Filogénesis

La formación y funcionamiento del cerebro, tomando en cuenta su evolución, muestra que el *homo sapiens* posee una constitución genética que se replica en su descendencia. Poseemos, por tanto, una estructura genética que determina la constitución y posterior funcionamiento del sistema nervioso. En este sentido las neurociencias conciben un proceso epigenético como un permanente proceso creativo que constituye, *con-forma*, al individuo.

Se considera que si bien las redes neuronales se originan en procesos cognitivos basados en una estructura genéticamente determinada, dichas redes responden a la percepción física que modifica dichos procesos; esto, en las neurociencias, se conoce como la plasticidad del cerebro. Es decir, que gracias a la interacción en la que participan, las redes neurona-

3. El sueño constituye un espacio en el que la conciencia (no la actividad neuronal) desaparece, y aunque es objeto de estudio de las neurociencias, por razones de espacio omitimos aquí sus resultados.

les se van conformando, reconformando, siempre en proceso de cambio y adaptación; pero además no sólo en su función, sino en la misma anatomía del cerebro:

[...] hay una variabilidad significativa en la anatomía del cerebro, la topología de las áreas corticales y el detalle de las conexiones que escapa al poder de los genes [En efecto], la formación de los billones de sinapsis que conforman el cerebro adulto escapa, hasta cierto punto, al control absoluto de los genes. [Se trata ahora de] un proceso evolutivo epigenético con variación aleatoria y selección que se produce durante el desarrollo embrionario y continúa después del nacimiento (Changeux 2005:195 y 197).

Se trata, en otras palabras, de la formación paulatina y totalmente variable de conexiones entre neuronas, la cual está sujeta a una selección por ensayo y error. Esta variabilidad permanente en el conjunto de redes neuronales que se realiza a lo largo de la vida de un individuo constituye el fenómeno de la epigénesis, que vista desde su resultado, es la expresión del conocimiento y de su transmisión crítica, la función permanente del cerebro para guiar y conformar al organismo en su devenir consciente.

Con esto tenemos también un esbozo neurocientífico de la educación como un proceso *con-formante* del cerebro mismo, patente en la formación de redes neuronales que responden al conocimiento del mundo, a la forma en que son concebidos, a la cultura, la historia de un individuo y de su grupo social. El resultado de esta función epigenética del cerebro puede englobarse en el concepto de cultura, que implica necesariamente la existencia de reglas establecidas como el medio idóneo para establecer la colaboración entre individuos con el objetivo de obtener su propio bien. La cultura abarca también necesariamente a la explicación, ofrece la ciencia moderna. La epigénesis abarcaría, por tanto, al proceso educativo porque el educando construye sus propias redes neuronales que generalmente son objeto de transmisión, con las cuales asegura su supervivencia y la de su especie. Esto cobra importancia en la especie humana a diferencia de los animales, que aunque obtienen su alimento y aprenden cómo lograrlo, no generalizan su conocimiento ni tampoco crean herramientas para obtenerlo. Los humanos, en cambio, como parte de la epigénesis, “enseñan todo a los jóvenes, y lo que piensan lo generalizan a otras circunstancias, en otras palabras, desarrollan un sistema de enseñanza/aprendizaje” (Gazzaniga, 2011:29).

A este respecto los neurocientíficos se preguntan si esta dimensión epigenética traerá un cambio en la memoria genética del ser humano; es decir, si es posible el mejoramiento genético del cerebro, lo que significaría una mayor densidad de neuronas y un mayor tamaño de la masa cerebral. ¿Esto, se preguntan, nos haría más inteligentes? En principio el mayor número de neuronas, sinapsis y redes neuronales ampliaría la capacidad cerebral y quizás un mejoramiento de las funciones cerebrales, pero requeriría un mayor espacio creaneal y mayor consumo de energía; por esto la respuesta más aceptada es negativa, porque el total de neuronas y sus axones están casi a su límite, de acuerdo con las leyes de la física, especialmente contra la primera ley: el cerebro no podría soportar mayor energía en la masa que tiene, y ésta no se ve cómo se podría aumentar por razones genéticas que se refieren al tamaño del cerebro y del conducto por el que sale de la madre.

Sin embargo, más allá del mejoramiento genético, la aplicación del conocimiento aportado por las neurociencias ronda la misma pregunta, ahora limitada al ámbito de la técnica: ¿es posible mejorar las funciones cerebrales y nerviosas en general sirviéndose de medios externos al dinamismo genético, como aparatos o sustancias? Al respecto existen numerosos proyectos de investigación tecnológica que persiguen tal mejoramiento, y cuyos resultados se esperan obtener en los próximos 10, 20, 50 o más años (Kaku, 2014:160 y ss). Al margen de aparatos electromagnéticos, y con base en los resultados de las neurociencias que hemos señalado, existen numerosos programas financiados por diversas organizaciones y orientados a mejorar el rendimiento del cerebro, no siempre vinculados con la educación escolar. Dichos programas, como el ARPA en Estados Unidos, tienden a incrementar el conocimiento del potencial que tiene nuestro cerebro, ampliar la aplicación y difusión de un método por el cual cada individuo alcance el pleno potencial de su cerebro a partir de su conocimiento y su uso adecuado. En principio estos programas para el mejoramiento de las funciones cerebrales están dirigidos al personal de las fuerzas armadas. Otras organizaciones orientan sus esfuerzos al mejoramiento del cerebro a partir de juegos y/o actividades mentales en la población adulta. Algunas de éstas son: la Asociación Internacional de Educación Cerebral (International Brain Education Association, IBREA); Neurobic, especializada en crear aplicaciones en forma de juego para desarrollar el cerebro y vivir mejor; la Fundación DANA, que desde

1950 ha educado a adultos para conocer mejor las funciones del cerebro y optimizar sus funciones y su salud. Estos ejemplos se ubican en el proceso epigenético y pretenden mejorar la vida humana optimizando las funciones del cerebro, pero no llegan al terreno de la pedagogía ni a la concepción misma del proceso educativo desde las neurociencias. Otra forma de mejoramiento en el marco de la educación vinculada con el mejoramiento de las funciones cerebrales proviene del uso de sustancias químicas. Esto modifica radicalmente el concepto que se tiene de la educación como el proceso por el cual los individuos de una sociedad incorporan en su visión del mundo los valores, el conocimiento, la historia, la cultura prevalescentes en dicha sociedad. En efecto, si tomamos en cuenta que el ser humano posee un conjunto de estructuras mentales formadas por la vinculación y comunicación que se da entre las neuronas, esas estructuras, aunque tienen un grado de estabilidad, se mantienen en constante modificación debido al flujo constante de neurotransmisores que modifica a las estructuras neuronales. Por otra parte se sabe que la manipulación de los neurotransmisores por sustancias químicas interfieren y pueden controlar dicho flujo con resultados que podrían mejorar las funciones cerebrales. Esto, a diferencia de los ejemplos anteriores, cuestiona el concepto mismo de educación que ha prevalecido hasta hoy porque supone que el cerebro actúa de manera lineal y predeterminada negando la plasticidad del cerebro que las neurociencias han establecido como una explicación fundamental de las funciones cerebrales. En efecto, si lo propio del ser que piensa es predecir, imaginar –simular– el futuro, esos dispositivos no pueden determinar a la imaginación. La educación, en cambio, está vinculada con dicha plasticidad para conformar el futuro del educando y luego de la sociedad a la que pertenece porque, como sostiene Kaku (2014:164), “existe más de una forma de crear un modelo de nuestro mundo, y más de una vía para simular su futuro”. En efecto, cada nuevo conocimiento, cada nuevo objeto o situación imaginada, *transforma* las redes neuronales preexistentes en el cerebro humano porque, continúa Kaku, “el cerebro no tiene programas ni sistema operativo. No Windows, ni un procesador central. Sus redes neuronales son paralelas masivamente, con cien mil millones de neuronas actuando al mismo tiempo para lograr un solo objetivo... aprender” (2014:220). Conviene, por tanto, incorporar a la educación las aportaciones de las neurociencias

de tal forma que por ella se realice la *con-formación* de niños y jóvenes en el amplio marco creativo del proceso epigenético que señalamos.

Aprendizaje y educación

Al hablar de aprendizaje se alude a una actividad consciente cuyos resultados se hacen presentes en la sucesiva actividad mental y física del individuo. Esta presencia actuante no siempre es consciente, sino que implica la presencia del subconsciente. Para las neurociencias el aprendizaje implica una acción consciente orientada hacia la formación de esquemas de acción que, una vez aprendidos, forman parte del esquema inconsciente que se hace presente en toda acción. Esta forma de ahorro de energía ha permitido al ser humano emprender nuevas acciones tanto cognitivas como físicas. Si en el contexto del aprendizaje vemos una vinculación de lo consciente con el subconsciente, podemos decir que este último se afirma en la medida en que el niño o el joven obtienen conscientemente los medios que conforman al subconsciente. Se requiere tiempo para que el subconsciente opere conforme a los objetivos e intenciones asumidos conscientemente. Damasio señala que “podemos describir esta lenta educación como un proceso de transferencia de una parte del control consciente a un servidor inconsciente, no como una entrega del control consciente a las fuerzas inconscientes” (2012a:286).

Un ejemplo de esto lo tenemos en el lenguaje. Su aprendizaje lleva un tiempo considerable –nunca suficiente– y logra establecer una estructura de significados, de gramáticas y de sintaxis. Cuando hablamos, dicho aprendizaje, al que ya podemos ubicar en el subconsciente, entra en acción para expresarnos sin reparar en el lenguaje mismo. Más aún, cuando utilizamos el lenguaje oral o escrito, desarrollamos una predicción de lo que se dirá y desde luego de la forma como será dicho, lo cual –dice Llinás– “constituye la verdadera entraña de la función cerebral” (2002:4), estableciendo con ello que la formación consciente y activa del subconsciente visto como universo conceptual constituye el núcleo mismo de todo proceso educativo; en éste se van conformando conscientemente, como lo señalamos, las estructuras mentales que posteriormente serán utilizadas para procesar las sensaciones y adecuar la conducta. Cabe insistir en que estas estructuras mentales se forman desde los primeros meses

de vida del ser humano y que se refieren no sólo al lenguaje, sino a todas las convenciones sociales y a las reglas morales, como ya lo señalamos.

Un nuevo paradigma educativo

Lo anterior conduce a la conformación de un nuevo marco conceptual de la educación basado en el proceso neurofisiológico que muestra al cerebro como el resultado de la evolución del ser humano a través del conocimiento como base para toda su acción; dicho proceso constituye el centro de la relación existencial que todo ser humano guarda con su entorno físico, viviente y social; sin embargo, no termina en el despliegue ontogenético del ser humano sino que continúa en el llamado proceso epigenético.

El primer elemento de dicho proceso que constituye el nuevo paradigma para la educación consiste en considerarla como elemento del proceso evolutivo –*autopoiesis*– del ser humano. Nos referimos a una evolución que desde luego no modifica la memoria genética, sino que consiste en la evolución a la que está sujeto todo ser viviente y que con Changeux hemos llamado epigénesis; se trata del desarrollo del ser humano. En efecto, este desarrollo no es un hecho aislado, sino que se da primero por la carga genética de cada individuo, y luego por su interacción con el medio; éste, a su vez, está predeterminado y por ello conforma a los nuevos individuos a partir del proceso educativo de manera explícita, y por la comunicación entre los miembros de una sociedad. Esta dimensión evolutiva se ubica en el hecho de que todo ser viviente –el ser humano no es la excepción– actúa con el único objeto de mantenerse en vida obteniendo los medios que requiere para ello; nos referimos a la “homeostasis” que es considerada como el motor de la evolución, y que no puede ser ajeno al proceso educativo cuya sede, el cerebro, está determinada para interactuar buscando su propia permanencia, ahora en colaboración. Esto implica considerar que la educación no es un hecho instantáneo, sino una tarea consciente formadora del subconsciente. Así lo afirma Gazzaniga: “De una cosa estamos ciertos, de que el ‘trabajo’ que realiza el cerebro ocurre antes de que tengamos conciencia de nuestro esfuerzo mental” (Rose y Rache, 2013:212). Desde una perspectiva evolucionista, por tanto, la educación podría verse como el proceso por el que se construyen redes neuronales, que no son

otra cosa que una “disposición funcional” que se hace presente en las “señales sensoriales” y en cualquier conocimiento o actividad cerebral (Llinás, 2002:10). Esto nos proyecta al terreno de la epistemología y de la ética dado que la estructura neuronal del cerebro implica la lógica y la lingüística (Edelman, 2006:144), lo cual necesariamente constituye la base para cualquier actividad –cognitiva o física–, y desde luego para la educación.

Un segundo elemento de la nueva educación consiste en considerarla como una actividad consciente. Hemos señalado que el conocimiento se explica como el resultado de la interacción de diversas estructuras neuronales formadas con anterioridad en el cerebro humano gracias a la interacción entre las neuronas realizada mediante los neurotransmisores. La conciencia añade a esto la percepción de la percepción. La educación consiste en el enriquecimiento consciente de dichas redes al incrementar su número y al hacer cada vez más compleja la interacción para explicar, comprender y transformar el entorno y para hacerlo cada vez más adecuado a los objetivos, también construidos conscientemente, que se forja el ser humano tanto individual como socialmente. Esto se realiza, como lo señalamos, por el aprendizaje. Pero lejos de ser pasivo, el educando ha de tomar conciencia progresivamente de su propio proceso de devenir –su *autopoiesis*– a partir del cual asume su propia identidad frente al entorno, y a la vez ha de comprender la determinante función existencial que éste desempeña en su propio devenir.

Una tercera dimensión del paradigma que entrevemos se refiere a la dimensión social de la educación. En efecto, la educación no puede ser sino un fenómeno social, quizás el primero del que deriva la existencia misma tanto del individuo que se educa, como de la sociedad que se ocupa de transmitirle su visión del mundo. Conviene agregar que por la forma en que se construye el conocimiento acerca de la realidad, la cultura o visión del mundo en una sociedad no es única, ni menos aún definitiva, sino que sus miembros, aglutinados en grupos pequeños en relación con el conjunto total de una sociedad, coinciden entre ellos y con otros grupos acerca de la visión que tienen del mundo en general y en particular. Es por eso que tampoco la educación puede ser vista como un fenómeno único, ni menos uniforme en una sociedad; sin embargo, hay coincidencia –y por eso se constituye una sociedad– en determinada manera de concebir al mundo, los valores, las costumbres, la historia, etcétera, lo que conforma lo propio de la educación en una sociedad determinada.

El fundamento ontológico de este hecho ha de ser ubicado, nuevamente, en el concepto de homeostasis, ahora calificado de “sociocultural”. Numerosos científicos consideran que la homeostasis sociocultural se origina en el cerebro, aunque las reacciones emocionales exigen el equilibrio de la homeostasis básica; esta interacción entre homeostasis básica y homeostasis cultural da origen a una constante oscilación que involucra al cerebro mismo y que con ello evita el caos en la lucha por la supervivencia. Esto implica a la imaginación como presencia del bienestar en la mente, lo cual mueve a la acción. La homeostasis sociocultural se añade al proceso evolutivo del *homo sapiens* como una nueva forma de manejar la vida, sin detrimento de la homeostasis biológica (Damasio, 2012:310). En efecto, la capacidad de imaginar, de ver el futuro y con ello orientar la acción creativa del individuo, implica necesariamente a la comunicación y al lenguaje; es decir, conlleva la presencia del otro y la relación con él, lo cual constituye el origen de la sociedad. En efecto, cualquier grupo humano se constituye como tal porque cada individuo que lo compone imagina que en la colaboración con sus semejantes obtendrá un beneficio que asegure su supervivencia y su bienestar. Así lo sostiene Damasio, entre otros neurocientíficos: “La tendencia de nuestra conciencia consiste en proporcionarnos un manejo fino de la homeostasis básica, lo cual constituye el comienzo de la homeostasis cultural” (2012:284).

En el contexto de la homeostasis cultural, la educación constituye el mecanismo por el que un grupo social *in-forma* a sus miembros *en* aquellos conocimientos que le permiten integrarse a dicho grupo con la certeza de que su incorporación le traerá el beneficio de la colaboración de los otros para conseguir su bienestar. Sin esto la educación no tiene sentido. La educación, vista como proceso para *in-formar* a los miembros de una sociedad acerca del comportamiento de su entorno natural y social, permite un gran ahorro de energía para destinar más tiempo al desarrollo individual en colaboración con los demás. A este respecto Llinás sostiene que “el *aprendizaje* es un medio para facilitar que la función del sistema nervioso se adapte a los requisitos de la naturaleza, del mundo en que vivimos” (2002:228).

Este nuevo paradigma implica necesariamente el uso del lenguaje como el medio en el cual se da la interacción entre los miembros de una sociedad, sin la cual es imposible su existencia. Es por eso que la educación, en todos sus niveles, exige primero el aprendizaje del lenguaje y luego su

adecuada utilización, lo cual cobra características diversas de acuerdo con el medio en el que se da la interacción entre los diversos miembros de la sociedad. La ciencia, por ejemplo, utiliza el lenguaje matemático considerado universal, pero también cada ciencia posee y utiliza una terminología generada expresamente para referirse a los fenómenos que son objeto de su investigación. Esto que percibimos en la actividad científica, implica en el cerebro de los investigadores una complejidad creciente en cuanto a las interacciones que realizamos. Dicho sea de paso, la ciencia, en consecuencia, no es un descubrimiento derivado de un don superior del que fuera dotado un ser privilegiado (el científico), sino que “es un valor sobre el cual se debe trabajar durante las interacciones que sostenemos personal o interpersonalmente. La riqueza de estas interacciones está dada por las asociaciones y rupturas de las mismas interacciones” (Edelman, 2006:150-151).

La educación, por tanto, es un proceso dinámico, no sólo por la actividad que realizan el alumno y el maestro, sino porque constituye, dirige, *con-forma* el proceso epigenético en el que existe el ser humano. Sin embargo, desde los primeros años del niño corresponde a la sociedad determinar su futuro, y de ello dependerá el conjunto de acciones que caracterizarán a la educación, lo cual será el elemento conformante –epigenético– de los educandos. Cabe aquí la precisión de que la educación, a pesar del determinismo que le dicta la sociedad, no puede –a riesgo de ir contra la misma naturaleza humana– ocultar, menos impedir el hecho de que es el individuo mismo quien, a pesar de estar sometido a un proceso de educación formal, se está construyendo a sí mismo; en otra palabras, que la educación constituye el proceso que guía y condiciona su *autopoiesis*, y que esto involucra necesariamente su propia decisión y su responsabilidad. La sociedad deberá tomar conciencia de que la educación que proporciona a sus miembros consiste en formar a las futuras generaciones en el control responsable de sus acciones a partir de las cuales aseguren la plena existencia de cada individuo que la conforma. En este contexto la educación no puede sino ser activa, es decir, hacer prevalecer en ella la participación conscientemente activa del educando. Esto cobra importancia porque la educación, como lo señalamos, trae consigo la formación del “inconsciente cognitivo” (Damasio, 2012a:297), que puede desviarse formando ciudadanos pasivos, temerosos, conformistas, es decir, esclavos sometidos al poder vigente. Por eso insistimos en una educación que in-

forme seres creativos orientados a la construcción, nunca acabada, de un entorno cada vez más acorde con la vida y el bienestar del ser humano y de su mismo entorno.

Un cuarto elemento del paradigma que proponemos consiste en considerar a la educación como un proceso dinámico siempre cambiante que tiene su origen en el individuo mismo porque está íntimamente vinculado con la plasticidad característica del cerebro; y porque el individuo y su total bienestar constituye el objetivo último de cualquier grupo social. El dinamismo propio del ser humano se extiende al resultado de su acción cognitiva y de su actuar sobre el mundo, incluida la sociedad. En este proceso la ciencia y la tecnología representan el conocimiento y el poder que el hombre y su sociedad tienen del mundo. Esto que constituye una realidad incuestionable trae consigo un cambio permanente en la visión que la sociedad tiene del mundo, siempre sujeta a las explicaciones que sobre él proporciona la ciencia. Este universo cognitivo al que llamamos ciencia y tecnología, y que es llamado también “tecnociencia”; este dinamismo que observamos en las explicaciones y en los innumerables y sofisticados aparatos que obtenemos para hacer nuestra vida más agradable y aumentar nuestro poder sobre el mundo, las nuevas formas de organización social, especialmente en lo que hace a la comunicación y al trabajo, todo esto constituye un factor eminentemente dinámico en la educación.

La ciencia y la técnica, en efecto, manifiestan un dinamismo irrefrenable y una amplitud en cuanto a sus aplicaciones teóricas y prácticas, que modifican permanentemente la vida del hombre. Esto no puede ser ajeno a la educación, la cual no solamente debe poner en práctica nuevas formas de comunicación del conocimiento valiéndose de la tecnología, sino que debe correr a la misma velocidad del cambio que la ciencia y la tecnología introducen constantemente en la estructura social. La educación no puede permanecer estática en un proceso de transmisión unipersonal relegando toda la responsabilidad en el maestro. Esto es imposible actualmente dado el volumen de información, y la velocidad con la que se genera dejando obsoletos conocimientos hasta hace poco relevantes para la acción profesional o técnica que constituye uno de los objetivos de la educación. Si desde la introducción de la imprenta el papel del maestro como transmisor quedó totalmente cuestionado porque los alumnos podían leer otros libros sobre un mismo tema con posiciones teóricas no siempre acordes con las del profesor, en la actualidad es físicamente

imposible para cualquier ser humano conocer ni siquiera el volumen no sólo de libros y artículos publicados cada día, sino los avances de las explicaciones coherentes que aporta la ciencia y que constituyen la base cognitiva para la conformación de nuevos instrumentos y aparatos disponibles para la sociedad. El dinamismo de la ciencia y la tecnología hacen ver la urgencia de concebir a la educación más allá de la mera transmisión de conocimientos y obligan a transitar hacia una educación formativa donde obtener información útil sea el primer paso para estructurarla posteriormente en marcos conceptuales determinados por el bien de cada individuo de la sociedad mundial. Esto se refiere no solamente al conocimiento que haya sido aceptado por la comunidad científica, sino también a los resultados que se esperan de la investigación científica en curso, los cuales determinarán la existencia misma del ser humano. La dimensión social que actualmente tiene la ciencia exige formar individuos con actitud crítica ante la ciencia para orientar a la investigación científica y tecnológica, arrebatándola de los irresponsables criterios de lucro y de consumo desmedido que actualmente prevalecen, y ante los cuales la humanidad está inerme y sufre los resultados negativos que tienen o tendrán las aplicaciones de dichos conocimientos. Para esto la educación desempeña un papel determinante. Con Nicolas Rose y M. Abe-Rached sostenemos que la educación sólo es exitosa cuando se basa en capacitar al individuo para asumir su propia intención al actuar teniendo en cuenta al medio en el que vive. Habría que añadir con insistencia que esa educación exitosa no lo será si no ve al individuo como el primer objeto de autotransformación –*autopoiesis*– en vistas a su pleno bienestar, teniendo en cuenta que dicho bienestar sólo es posible cuando el entorno existe también con plenitud:

[en efecto, es necesario] recordar constantemente [...] que ni el animal ni los seres humanos existen aislados individualmente. Que si la evolución conformó al cerebro, lo hizo hasta el punto en que por su constitución está incorporado en creaturas vivientes, interactuando en pequeños y grandes grupos de los que depende su existencia, luchando por sobrevivir, habitando y rehaciendo su medio a lo largo de sus vidas (Rose y Abe-Rached, 2013:233).

Cabe señalar que la ciencia, comprendida en su sentido amplio como el conocimiento del mundo para servirse de él, ha sido la característica del ser humano que le ha permitido, a lo largo de su existencia, adaptar su medio buscando sobrevivir y obtener bienestar. Este es el último y pri-

mer sentido de la educación en la sociedad humana como mecanismo de transmisión en vías a optimizar la experiencia y el conocimiento del medio. Pero dado que esto no es estático, ha de desarrollarse ahora como el mecanismo por el que el ser humano busque, evalúe, proyecte, construya, nuevos conocimientos para interactuar con el medio asegurando la existencia propia y su bienestar.

Conclusión

Hemos presentado y fundamentado un nuevo paradigma de la educación que consideramos más acorde con el conocimiento que el ser humano tiene acerca del mundo y de su misma función cognitiva. La educación en la actual sociedad del conocimiento, donde el cambio dinámico y permanente se observa en todos los ámbitos de la vida humana (salud, comunicación, transporte, industria, etcétera), no puede permanecer anclada en la Academia de Platón que floreció en la Grecia Clásica ni puede seguir dependiendo del “magister” de la escuela monástica medieval. Tampoco puede fundamentarse en los postulados cartesianos ni en las ideas *a priori* de Kant. Tratamos de demostrar que la educación de hoy ha de renunciar a la mera transmisión de conocimientos para dar paso a una educación activa, crítica, formadora de seres humanos creadores de sí mismos y de la comunidad donde viven. Vemos la necesidad de anclar la educación en la epistemología actual que asume los avances de la ciencia y la tecnología. Una epistemología que no es contemplativa de ideas ni de esencias, sino creadora de universos conceptuales, universos simbólicos que interpretan al mundo; universos cuya validez es epocal y está determinada por la comunicación intersubjetiva. Una epistemología que explica al conocimiento como transformación y creación del sujeto que conoce.

Hemos utilizado, conscientes de su inicial valor cognitivo, algunas aportaciones de las neurociencias para fundamentar el dinamismo creativo del conocimiento humano y consecuentemente de la educación. Hemos insistido en el origen material del conocimiento para superar el dualismo cartesiano todavía común en muchos ámbitos educativos. Hemos puesto el acento en la prioridad del sujeto que se educa en su propio proceso educativo, su *autopoiesis*, y hemos insistido en que el individuo obtiene el conocimiento del mundo proveniente del grupo social al que

pertenece, pero señalamos también su compromiso para valorar la actualidad y coherencia de dicho conocimiento. Esto requiere fundamentar a la educación en la participación activa y crítica del sujeto superando el papel de *fac totum* que aún se atribuye al maestro, y proponiendo que el papel de éste sea el de guía, apoyo, orientador, de estímulo para que el individuo asuma la responsabilidad de hacerse a sí mismo primero durante el proceso educativo que sigue, y luego a lo largo de la vida.

Hemos destacado la aportación de las neurociencias en lo que hace especialmente a la epigénesis, como el proceso evolutivo que con base en la estructura genética de cada ser humano viene determinado por la sociedad en la que vive –una sociedad interactuante– y sobre todo por el sujeto mismo que se *in-forma* y se *con-forma* en el proceso educativo. De esa manera la educación deja de ser un mero proceso transmisor del conocimiento y la cultura propios de una sociedad, para convertirse en un acto creativo en el que el individuo es el protagonista. Esto implica necesariamente abrir el proceso educativo tanto a la participación activa del educando, como a la dimensión crítica inherente a todo proceso cognitivo. Un nuevo paradigma de la educación que responda a las necesidades que la ciencia y la tecnología plantean al hombre de hoy ha de ser considerado como transformación tanto del sujeto que conoce, como del conocimiento ya construido con anterioridad y de aquel que está por construirse a través de la investigación científica y tecnológica.

Referencias

- Carter, Rita (2014), *The Human Brain*, Dk Cosar.
- Changeux, Jean-Pierre (2005), *El hombre de verdad*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Damasio, Antonio (2012a), *SELF comes to MIND. Constructing the conscious brain*, Nueva York, Vintage Books.
- Damasio, Antonio (2012b), *Y el cerebro creó al hombre*, Barcelona, Ed. Destino.
- Edelman Gérald (2006), *Second Nature. Brain Science and human Knowledge*, New Haven, Yale University Press.
- Gazzaniga, Michael S. (2011), *WHO'S IN CHARGE? Free Will and the Science of the Brain*, Nueva York, HarperCollins.
- Kaku, Michio (2014), *The Future of the Mind. The scientific Quest to understand, enhance, and empower the Mind*, Nueva York, Doubleday.

Llinás, Rodolfo R. (2002), *El cerebro y el mito del yo*, Bogotá, Norma.
Rose, N. y Abi-Rached, J.M. (2013), *Neuro. The New Brain Sciences and the Management of the Mind*, Oxford, Princeton University Press.
Sancén, Fernando y Gramigna, Anita (2013), *La ética frente a las nanociencias y las nanotecnologías*, México, UAM-Xochimilco.

Páginas electrónicas

Fundación DANA [www.dana.org], fecha de consulta: 7 de octubre de 2014.
International Brain Education Association [www.ibresus.org], fecha de consulta: 15 de julio de 2014.
Neurobic [www.facebook.com/neurobic], fecha de consulta: 17 de septiembre de 2014.