

Los ciclos de la neuroeducación: un recorrido personal.

Antonio M. Battro

Publicado en:

Treinta años de educación en democracia, 1984-2014

Academia Nacional de Educación, Buenos Aires, 2014

Pags 173-192

Introducción

Pido a los santos del cielo/que ayuden mi pensamiento,

les pido en este momento que voy a contar mi historia

me refresquen la memoria/ y aclaren mi pensamiento

José Hernández

En este libro que celebra los treinta años de la Academia Nacional de Educación, intentaré mostrar con algún detalle cómo se generan y se extienden las ideas novedosas en educación. La que nos ocupará ahora es la idea de “neuroeducación” (creo que la primera mención en español de este término se encuentra en Battro & Cardinali, 1996). Abreviamos con este nombre a las neurociencias cognitivas dedicadas a la educación, aquellas que integran la mente, el cerebro y la educación en una teoría y práctica pedagógicas (en inglés MBE, Mind, Brain and Education).

La neuroeducación actual es producto de medio siglo de investigaciones y prácticas que conforman una serie de ciclos fundamentales en los que han intervenido cientos de

personas de muchas organizaciones científicas y de las más variadas disciplinas. A continuación haré un breve relato de aquellos ciclos que me han tocado vivir y que espero sigan creciendo en espirales cada vez más amplias e inclusivas. Esta trayectoria personal es sólo un caso de estudio más entre muchos otros que ya forman una enorme trama, un tejido viviente en permanente expansión, con innumerables historias individuales hechas de descubrimientos científicos inesperados, de convergencias y divergencias permanentes. Ahora que veo la trayectoria que he recorrido con nuevos ojos, descubro que los ciclos de descubrimientos se cumplen a intervalos de muchos años, a veces de varias décadas, que pocas cosas se pierden, que casi todas se transforman de manera impredecible, pero comprensible.

El ciclo de las misteriosas mariposas del alma

Como el entomólogo a caza de mariposas de vistosos matices, mi atención perseguía, en el vergel de la sustancia gris, células de formas delicadas y elegantes, las misteriosas mariposas del alma cuyo batir de alas quién sabe si esclarecerá algún día el secreto de la vida mental.

Santiago Ramón y Cajal (1923)

Cuando me gradué de médico en la Universidad de Buenos Aires en 1957 comencé a trabajar en histología del sistema nervioso humano. Mi tema de estudio era el *órgano subforniano* del cerebro, una minúscula estructura central subependimaria engarzada entre ambos pilares del fornix, cuyas funciones en esa época no eran bien conocidas

(Battro, 1962). Al poco tiempo recibí una beca del gobierno de Francia para estudiar con Paul Fraitse en su Laboratorio de Psicología Experimental y Comparada de la Sorbona y abandoné aquella incursión por el fascinante mundo de las neuronas. Pero siempre me quedó el recuerdo de esas “células de formas delicadas y elegantes, las misteriosas mariposas del alma” como las describía Santiago Ramón y Cajal, ejemplo admirable de vida y de trabajo para muchos jóvenes que nos iniciábamos en las ciencias neurobiológicas.

Décadas después dediqué varios meses a elaborar con mis alumnos y colegas un video con aquella metáfora de las mariposas del alma en la Ross School, una escuela modelo de East Hampton en los Estados Unidos (Battro, 2010b). Bien dicen George Lakoff y Mark Johnson que “vivimos de metáforas” (Lakoff y Johnson, 1980) y es un hecho que las metáforas muchas veces se convierten en inspiración de modelos científicos muy elaborados. En mi caso la mariposa se transformó en tapa de un libro dedicado a la neuroeducación (Battro, Fischer & Léna, 2008) y sigue siendo para mí una fuente de inspiración y un ícono de MBE. Las imágenes de los conos de crecimiento de los axones en acción, agitándose como coloridas mariposas en el microscopio me siguen conmoviendo y me remiten a mi amiga Rita Levi Montalcini, la gran dama de la neurobiología, Premio Nobel, descubridora del factor de crecimiento NGF, que falleció a los 103 años y a quien dedico con todo cariño esta nota por su largo y fecundo ciclo persiguiendo a las mariposas del alma...

El ciclo de la temperatura de la mirada

En el laboratorio de Fraisse tuve la oportunidad de estudiar los movimientos oculares y el campo de aprehensión visual, tema que se convirtió en mi tesis de la universidad de París en 1960 (Battro, 1960, 1961). Para entonces Jean Piaget estaba estudiando en Ginebra los movimientos oculares en el desarrollo de los mecanismos perceptivos en los niños. Se interesó en mis investigaciones (Piaget & Vinh Bang, 1961) y me invitó a trabajar en el Centro Internacional de Epistemología Genética, cosa que hice con enorme placer y provecho pocos años después. Es de notar que el interés de Piaget por el desarrollo de la percepción se remontaba a los comienzos de la década del 40; para entonces ya había publicado más de cuarenta trabajos sobre el tema y acababa de editar su famoso libro *Los mecanismos perceptivos* (Piaget, 1961). Por esas coincidencias que se dan en nuestras vidas y son a veces determinantes en nuestros proyectos, sucedió que en Ginebra me puse en contacto con el pensamiento de Benoît Mandelbrot, el matemático que se hizo célebre con su teoría de los fractales. Mandelbrot fue uno de los primeros miembros del Centro Internacional de Epistemología Genética (Piaget, 1957). Tiempo después me dediqué a aplicar el modelo fractal de Mandelbrot a los movimientos oculares que había estudiado en París, formalizando, durante una temporada que pasé en Ginebra, la propiedad de “temperatura de la mirada” (Battro, 1996, 1997, 2006). La idea era algo romántica: de la misma manera que se

puede obtener la medida exacta de la “temperatura informática” de un texto escrito computando la relación de las frecuencias de aparición de palabras habituales y de aquellas que son muy poco comunes (por ejemplo la temperatura de un texto de Borges es mucho mayor que la de un aviso comercial) se puede también medir la relación entre los movimientos oculares muy amplios y los muy reducidos. Se trata de una expresión fractal que se mide por la pendiente de la transformación logarítmica de la magnitud de los movimientos sacádicos de los ojos (medidos en ángulos). Se trata de una metáfora convertida en modelo fractal. Siempre pensé, pero aún no lo pude probar, que en una “mirada fría” predominarían los movimientos de muy poca amplitud que se fijan en un punto, en cambio habría una mayor proporción de movimientos amplios en una “mirada cálida”, lánguida y soñadora...

Resulta ahora que el registro de los movimientos oculares ofrece una información valiosísima para analizar el desarrollo cognitivo en el proceso de aprendizaje de los niños, un registro que puede resultar de enorme ayuda en neuroeducación. Y además hoy estos registros se pueden realizar en situaciones habituales fuera del laboratorio, tanto en el aula como en ambientes abiertos, en un paseo, por ejemplo, gracias a la miniaturización de los equipos de registro, que son portátiles. Seguramente los movimientos oculares serán objeto de consideración sistemática en las próximas etapas a medida que su registro se incorpore al uso habitual de las computadoras portátiles en el campo de la educación. Sin duda este “ciclo de la mirada” ha sido el

más prologado de mi vida científica pues ya lleva cubierto más de medio siglo.

El ciclo de las operaciones mentales y el cerebro

A mi regreso a la Argentina en 1962 trabajé un corto tiempo en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires sobre las ideas de Piaget, que publiqué como *Diccionario de epistemología genética*, con un prefacio de Piaget (1966). Mi paso por Ginebra me llevó también a explorar la posibilidad de estudiar los procesos cerebrales correspondientes a las operaciones mentales descritas por Piaget. Es sabido que Piaget fue formado en biología y siguió toda su vida muy apegado a las ciencias naturales (Vidal, 1994). Durante mi estada en el Centro de Epistemología Genética apareció su libro *Biología y conocimiento: Estudio de las relaciones entre las regulaciones orgánicas y los procesos cognitivos* (Piaget, 1967). Tuve el privilegio de leer una primera versión del libro y discutir con él algunos puntos antes de que fuera enviado a imprenta. El tema del cerebro propiamente dicho no estaba muy desarrollado en ese texto. No era un tema fácil, los registros más precisos de la actividad cerebral apenas comenzaban a emerger con los potenciales evocados procesados por computadoras y por supuesto nadie soñaba con las imágenes cerebrales que hoy son moneda corriente (PET, fMRI, NIRS, MEG, OT, etc). Me atreví entonces a sugerirle que podríamos algún día observar la actividad cerebral propia de las operaciones mentales, concretas y formales que él proponía. Esta

predicción se ha cumplido, después de cuarenta años ya lo estamos haciendo. Piaget apoyó generosamente mi esfuerzo y obtuve una beca Guggenheim en 1968 para trabajar en el laboratorio de Roy John en el New York Medical College, donde se comenzaban a estudiar algunos procesos cognitivos básicos con ayuda de potenciales evocados. Mis conocimientos técnicos sobre la actividad cerebral se reducían entonces a mi limitada experiencia como estudiante de medicina en el Hospital Militar Central de Buenos Aires, donde cumpliendo con mi servicio militar tuve la ocasión de trabajar en el laboratorio de electroencefalografía durante un año y realizar decenas de estudios de EEG. Allí, incidentalmente, aprendí la tecnología de electro-oculografía EOG, que luego me resultó clave en mi tesis de París sobre movimientos oculares. Pero la tecnología de potenciales evocados que estaba surgiendo prometía mucho más. No avancé mucho en este terreno pero me quedó siempre la inquietud de estudiar algún día el desarrollo de las operaciones cognitivas a nivel del cerebro con la ayuda de tecnologías más apropiadas.

Recuerdo con agradecimiento el interés de Piaget por mis primeros intentos en 1977, realizados en Brasil (en los *Centros de Estudios Cognitivos*, que ayudé a formar en Porto Alegre, Curitiba, Araraquara, Ribeirao Preto y Rio de Janeiro) sobre las operaciones mentales concretas y formales, lógicas y espaciales y los procesos cerebrales en niños y adolescentes. Presenté los resultados en uno de los últimos seminarios de Piaget en el Centro de Ginebra. La metodología era sencilla y no requería equipamiento alguno

(eso era una ventaja para Piaget, que siempre trabajó con materiales sencillos). Se trataba simplemente de codificar las respuestas referentes a la conservación (piagetiana) de la sustancia y de la longitud (habilidades espaciales) y de la inclusión de clases y probabilidades (habilidades lógicas) en sujetos diestros y zurdos mientras manipulaban (sin ver) los correspondientes objetos con la mano derecha o izquierda. Debido al hecho que las vías táctiles son cruzadas podíamos analizar de qué forma actuaba el hemisferio predominante cuando la información era contralateral o ipsilateral. Observamos que el camino más largo (contralateral) “reclutaba” más circuitos neuronales que el más corto (ipsilateral) y facilitaba la operación mental a prueba (Battro, 1981).

Unos veinte años después de esa presentación, que nunca olvidaré pues fue la última vez que me encontré con mi querido maestro, Piaget murió en 1980, pude corroborar mis resultados en un nuevo contexto. Se trataba de mis estudios sobre el “medio cerebro” cuando tuve el privilegio de trabajar varios años con Nico, un niño hemisferectomizado a los tres años cuyo hemisferio izquierdo compensaba asombrosamente la ablación del derecho (Battro, 2000, Immordino-Yang, 2008). A los seis años Nico, en la situación manual y no visual, pudo dar una respuesta correcta a la conservación piagetiana de la sustancia usando la mano derecha, es decir activando directamente el hemisferio izquierdo pero no lo logró con la mano izquierda. Incidentalmente esto revela la enorme plasticidad de la corteza cerebral para compensar el déficit mayúsculo de la falta de todo un hemisferio (el derecho)

que normalmente se especializa en procesar operaciones espaciales como son las requeridas por las pruebas piagetianas de conservación. Esta prodigiosa plasticidad se extiende a una multiplicidad de habilidades y competencias como lo sigo comprobando con Nico, que se ha convertido a los 22 años en un excelente pintor y flamante campeón de esgrima en florete para discapacitados. Recientemente se han obtenido resultados más detallados sobre el desempeño cognitivo de Nico gracias a la incorporación de las técnicas de imágenes cerebrales más avanzadas y a la experta colaboración del equipo del Laboratorio de Neuroimágenes Cognitivas (Neurospin, Universidad de París-Sud) que conduce mi amigo y colega Stanislas Dehaene, profesor en el Collège de France. Los resultados de la notable compensación realizada por su hemisferio derecho en muchas actividades cognitivas son sorprendentes y nos alientan a seguir investigando (López Escribano y Moreno, 2013). Muy lejos estábamos de imaginar en la época de Piaget la impresionante revolución neurocognitiva que hoy está en marcha. Como buen biólogo la habría apoyado con todas sus fuerzas (Battro, Dehaene & Singer, 2011^a).

Los ciclos de las computadoras en educación

Jean Piaget dedicó un gran esfuerzo a estudiar el desarrollo del pensamiento lógico en los niños. Abrió de esta manera un campo propicio a la aplicación de la lógica matemática en las ciencias cognitivas (Battro, 1969). Su influencia fue decisiva en un joven matemático de origen sudafricano, formado en Gran Bretaña, Seymour Papert, quien rápidamente se convirtió en uno de los principales investigadores de su equipo de Ginebra. Papert comenzó a publicar en la serie de Estudios de Epistemología Genética varios artículos sobre el reduccionismo lógico, los problemas epistemológicos de la recursividad, la lógica piagetiana y los estudios comparados de la inteligencia en el niño y en el robot, que merecieron la atención de muchos.

En mi caso tomé conciencia de la necesidad de conocer mejor las disciplinas de la lógica matemática y pasé un año en la universidad de Friburgo en Suiza estudiando esos temas con I. M. Bochenski, destacado filósofo e historiador de la lógica. Todas las semanas tomaba el tren a Ginebra para asistir al famoso seminario de Piaget, donde conocí a Papert, quien ya a comienzos de la década del sesenta intentaba estudiar cómo los niños podían acceder a las computadoras, cosa que hasta el momento nadie había siquiera soñado. Ciertamente fue Papert el gran precursor en este campo donde obtuvo todo el apoyo de Piaget, quien admiraba los estudios de Warren McCulloch, neurobiólogo y matemático del MIT, gran innovador en el tema de la

epistemología experimental y las redes neurales computacionales. Sobre ese tema presenté en Ginebra un modelo computacional dedicado a la organización de los reflejos miotáticos de flexión y extensión (Battro, 1971). Es muy interesante releer el prefacio que escribió Papert al libro de McCulloch *Embodiments of mind* (Papert, 1965) con los ojos de un “neuroeducador” contemporáneo.

Papert fue para ese entonces invitado al MIT como co-director con Marvin Minsky del Laboratorio de Inteligencia Artificial, donde desarrolló sus ideas construccionistas sobre la interacción entre computadoras y niños que había esbozado en Ginebra. Allí surgió LOGO, el primer software de programación que se puso en manos de alumnos de escuelas primarias en muchas partes del mundo (Papert, 1980). De hecho un niño que aprende a programar en LOGO realiza “operaciones sobre operaciones”, es decir es capaz de alcanzar un pensamiento formal mucho antes de entrar en la adolescencia. Piaget, en cambio, afirmaba que las operaciones formales eran propias de la adolescencia. Ciertamente era lo que observaba en su tiempo cuando aun las computadoras no habían llegado a la escuela. Es más, se puede decir que era altamente improbable la aparición espontánea de operaciones formales precoces (salvo en algunos niños con talentos excepcionales). Con la instalación en esa década de las primeras computadoras en las escuelas se inauguró una nueva época en la educación y las operaciones formales propias de la programación en ese mundo digital emergente se hicieron más y más precoces. Hoy ya son habilidades

frecuentes en todas las comunidades cuando se brinda acceso a las computadoras.

En la Argentina fue el ingeniero Horacio C. Reggini quien difundió las ideas de Papert, logrando su penetración en muchas otras regiones de Latinoamérica (Reggini, 1982, 1985, 1988). Fue gracias a su apoyo que en esa época pudimos, con Percival J. Denham, introducir las nuevas tecnologías digitales en la educación especial, empezando por los alumnos sordos del Instituto Oral Modelo, www.iom.edu.ar que continúa liderando iniciativas de avanzada, hoy con implantes cocleares en un ambiente educativo plenamente digital (Battro, 1986; Battro & Denham, 1989, 2007c, 2009). En realidad fue también Papert quien por primera vez sugirió que las nuevas tecnologías informáticas y de comunicaciones podrían beneficiar a personas con discapacidades físicas y mentales (Papert & Weir, 1968), como lo demostró en la práctica su alumno brasileño José Valente en una brillante tesis de doctorado del MIT (Valente, 1983). El equipo del Laboratorio de Inteligencia Digital se mudó luego al Media Lab del MIT que fundara Nicholas Negroponte en 1984 donde Papert obtuvo la cátedra de educación y siguió difundiendo con éxito sus ideas por el mundo.

Un tiempo antes de la inauguración del Media Lab tuve la suerte de colaborar con Negroponte en el flamante Centro Mundial de Informática en París. Allí pude trabajar por primera vez con LOGO y niños deficientes mentales y tomé conciencia del enorme poderío de estas tecnologías en la rehabilitación de muchas discapacidades cognitivas. En

este campo fue providencial el apoyo de mi recordado amigo y colega Jérôme Lejeune, el descubridor de la trisomía 21 en el síndrome de Down. Su cátedra “Enfermedades de la inteligencia” de la Facultad de Medicina de la Universidad de París fue fuente de inspiración para muchos que habíamos asumido este desafío de aplicar las nuevas tecnologías digitales en la asistencia de niños discapacitados. Al respecto quiero recordar el apoyo del Hospital Italiano en el servicio de Salud Mental Pedriática a cargo del recordado y querido Carlos Robles Gorriti y del Centro de Computación Clínica de Buenos Aires en esta tarea pionera a mediados de los ochenta.

Un ciclo más de esta espiral informática a favor de los niños comenzó en 2005 cuando Nicholas Negroponte creó la Fundación OLPC, *One laptop per child* one.laptop.org con el fin de proporcionar educación y acceso al mundo digital a los niños del mundo entero, especialmente a los más desvalidos y pobres (Negroponte, 2005). La aplicación de este programa es actualmente responsabilidad de la Asociación sin fines de lucro OLPC bajo la dirección de Rodrigo Arboleda que está en pleno desarrollo en más de cuarenta países, programa inmensamente innovador donde tengo el privilegio de participar como jefe de educación.

Con OLPC concluye un ciclo de casi treinta años dedicado a la implementación de computadoras exclusivamente en el ámbito escolar y comienza otro que rebalsa las fronteras del aula tradicional y se extiende a toda la comunidad educativa formal e informal, empezando por los hogares.

Con Percival J. Denham postulamos la existencia de una auténtica “inteligencia digital” que se basa en la simple “opción clic” que hoy se hace evidente desde los primeros meses de vida. Esta se sumaría a las ocho inteligencias definidas por Howard Gardner en su teoría de las inteligencias múltiples (Battro & Denham, 2007c; Battro, 2009a). Todos nacemos con esta “capacidad digital” que no se podía expresar antes de la creación de un entorno tecnológico apropiado y que puede llevar a innovaciones extraordinarias, como sucedió con la música gracias a la evolución de los instrumentos musicales. La educación del siglo XXI debe aprovechar las ventajas únicas de este entorno digital en continuada expansión. Nos encontramos ahora frente a una “escuela expandida” en el nuevo ecosistema digital basado en el acceso libre y universal a las comunicaciones y a la informática que será el medio donde crecerá la neuroeducación en este siglo. Cerebros y computadoras formarán nuevas interfases que no podemos imaginar siquiera, pero los resultados ya alcanzados nos alientan a seguir trabajando e inventando nuevos caminos para una educación más equitativa, justa y creativa.

Los primeros resultados están a la vista en aquellas comunidades donde se ha logrado una “saturación” de laptops del sistema educativo para *todos* los alumnos y docentes sin excepción. Se trata de algo similar a una “vacunación digital” frente a la ignorancia. Ya Jonas Salk, benefactor de la humanidad por su descubrimiento de la vacuna contra la poliomielitis, había señalado la semejanza entre una vacuna eficaz y una buena educación (Salk,

1972). Gracias a la beca Eisenhower tuve el privilegio de conocer a Salk y discutir sobre estos temas educativos que eran de su mayor interés y que hoy podríamos llamar “epidemiológicos” por la gran escala que involucran las redes digitales (Battro, 2013b). El primer país en el mundo que ha logrado esta meta de inclusión integral ha sido el Uruguay con el plan CEIBAL (www.ceibal.edu.uy). Muchas otras iniciativas están en marcha en nuestra región y en el mundo, como se puede comprobar consultando el sitio web de OLPC.

Este cambio de escala que permite un entorno digital es sustancial y permitirá realizar investigaciones e intervenciones educativas de carácter masivo como nunca hasta ahora se han visto. Otra de las ventajas notables de la modalidad “uno a uno” es que las laptops pueden funcionar como pequeños *laboratorios portátiles*, puesto que cuentan con recursos suficientes para procesar datos de sensores y motores que también pueden incorporarse a robots contruidos por los mismos alumnos. Ya se ha desarrollado, por ejemplo, un telescopio de bajo costo para las portátiles. Uno de los objetivos más ambiciosos en neuroeducación es obtener imágenes del cerebro de bajo costo con equipos móviles y livianos como son las laptops XO y las tablets XO incorporadas al programa OLPC. Esas investigaciones están en curso. Es de esperar que en pocos años tendremos a millones de niños y docentes conectados en la misma plataforma digital en diferentes partes del planeta y muchos de ellos procesando imágenes cerebrales simultáneas.

El ciclo institucional de la neuroeducación

En esta década los diferentes ciclos que he recorrido se fueron entremezclando y creciendo como espirales con enorme rapidez. Los estudios de neuroeducación comenzaron a proliferar en muchas partes del mundo en forma casi simultánea, guiados por mentes brillantes de varias disciplinas. El primer curso universitario de grado sobre mente, cerebro y educación, *Mind, Brain and Education*, MBE, fue inaugurado en la Escuela de Educación de Harvard por Kurt W. Fischer y Howard Gardner en 2000 y sigue convocando a numerosos estudiantes. Muchos de ellos se han graduado y son los propulsores más comprometidos en la nueva transdisciplina de la neuroeducación (<http://gseweb.harvard.edu/-mbe>), una ciencia joven para jóvenes...

En este contexto de enorme creatividad y entusiasmo tuve el privilegio de dar un curso con Fischer sobre el “cerebro educado” como profesor visitante de Harvard en 2002-2003. Elegimos ese título *The educated brain*, y como subtítulo *Essays in neuroeducation* para el libro que publicamos con los trabajos de una reunión inolvidable de la Pontificia Academia de Ciencias en el Vaticano en ocasión de los actos celebratorios de sus quinientos años (Battro, Fischer & Léna, 2008). En Harvard fundamos IMBES, The International Mind, Brain and Education Society (www.imbes.org) y en 2007 una nueva revista *Mind, Brain and Education* como su órgano de difusión. En el primer número tratamos de responder a las preguntas:

“¿Por qué mente, cerebro y educación? ¿Por qué ahora?” (Fischer, Daniel, Immordino-Yang, Stern, Battro & Koizumi, 2007). La revista MBE fue premiada en 2008 entre las nuevas revistas en ciencias sociales y humanidades por la Association of American Publishers. Sus editores son Kurt W. Fischer y David Daniel y se ha convertido en una publicación de referencia en las nuevas disciplinas.

De esta manera cumplíamos el viejo mandato de Wilhelm Wundt quien fundara la psicología experimental en el siglo XIX. Wundt (1832-1920) afirmaba que para crear una nueva disciplina científica era preciso concretar tres cosas: un laboratorio, un tratado y una revista. Fue su enorme mérito haberlo logrado desde la universidad de Leipzig. Creó en 1875 el primer laboratorio de psicología experimental, en 1880 la segunda edición de su famosísimo tratado *Grundzüge der physiologischen Psychologie*, y en 1881, la primera revista dedicada a la nueva ciencia *Philosophische Studien*. En el siglo XXI la expansión exponencial del conocimiento científico ha extendido el alcance de un proyecto fundacional a la manera de Wundt pero no su espíritu. En el caso de las neurociencias cognitivas dedicadas a la educación predominan los rasgos transdisciplinarios que no tienen fronteras institucionales ni culturales. Comprobamos que los laboratorios dedicados al tema de neuroeducación se están multiplicando aceleradamente en universidades y centros de investigación de América, Europa y Asia-Pacífico. La sociedad internacional IMBES (www.imbes.org), por ejemplo, tiene ya instituciones

afiliadas en varios centros universitarios. La más reciente (2011) es East China Normal University en Shanghai (<http://psy.ecnu.edu.cn>).

IMBES, además ha organizado tres conferencias internacionales, Fort Worth (2007), Philadelphia (2009) y San Diego (2011). Por otra parte con Kurt W. Fischer hemos creado una escuela de verano dedicada a MBE en la Fundación y Centro Ettore Majorana de Cultura Científica en Erice (Sicilia) que convoca a expertos internacionales desde 2005 (www.mbe-erice.org, www.ccsem.infn.it) y cuyos trabajos se publican en la revista MBE. Esta enumeración, muy personal, es parte de una trama mucho mayor, imposible de describir ahora, que revela el dinamismo impresionante de la neuroeducación en estos comienzos tan auspiciosos como apasionantes.

Entre las iniciativas más promisorias en nuestra región se encuentra la *Escuela Latinoamericana de Educación, Ciencias Cognitivas y Neurales* (Latin American School of Education, Cognitive and Neural Sciences) <http://laschool4education.com>

que cuenta con el generoso apoyo de la Fundación J. McDonnell y de su presidente John T. Bruer. Se trata de una reunión anual que convoca a destacados expertos internacionales y a jóvenes investigadores de la región. Hasta ahora se han realizado estos encuentros en Atacama, Chile (Marcela Peña y col.), Calafate, Argentina (Mariano Sigman y col.), Itacaré, Brasil (Sidarta Ribeiro y col.) y en Punta del Este Uruguay (Juan Valle Lisboa, Alejandro Maiche y col.).

Hacia una nueva pedagogía: El diálogo entre el cerebro que enseña y el que aprende.

En los últimos años se han comenzado a estudiar sistemáticamente los procesos neurocognitivos en las prácticas pedagógicas. Hasta ahora se conocía muy poco sobre el desarrollo de la capacidad docente del ser humano, que lo distingue claramente de las otras especies (Battro, 2010). Mi colega y amigo Sydney Strauss de la Universidad de Tel Aviv fue uno de los primeros en estudiar el desarrollo de esta capacidad en los niños que ha inspirado a muchos a explorar el cerebro que enseña en interacción con el cerebro que aprende (Strauss & Ziv, 2012).

Con el equipo que lidera Mariano Sigman en el Laboratorio de Neurociencias Integrativas de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Buenos Aires hemos comenzado a dar los primeros pasos en los nuevos temas de neuroeducación relacionados con el cerebro que enseña y que aprende (Goldin et al., 2012, Holper et al, 2013, Battro et al, 2013a). Es sabido que sólo el hombre es capaz de enseñar, transmitir y acrecentar los conocimientos de una generación a la otra. Los animales no enseñan a la manera que lo hace el ser humano y por eso los neurobiólogos no han podido construir modelos animales del “cerebro que enseña” como lo han hecho con el “cerebro que aprende” en muchas otras especies. Pero en la actualidad se puede estudiar en el hombre tanto el cerebro que aprende como el que enseña utilizando registros simultáneos de la actividad

cerebral en niños y adultos en situación de enseñanza-aprendizaje en un ambiente escolar con ayuda de equipos portátiles de imágenes cerebrales.

Estos diálogos entre maestro y alumno son de enorme interés (el maestro puede ser otro alumno, los alumnos también enseñan) y hemos tomado para comenzar el caso del famoso diálogo de Sócrates con el esclavo relatado por Platón hace 2400 años en el *Menón* como paradigma de estudio pedagógico para nuestros días. La pregunta de Menón era “si se podía enseñar la virtud”, menuda cuestión que aún hoy es tema de debate. La respuesta de Sócrates se fue dando, astutamente, por etapas. Una de ellas fue tomar el caso de un problema de geometría, cómo “enseñar” a un joven iletrado, un esclavo de Menón, a duplicar el área de un cuadrado dado. Con un método de preguntas y respuestas Sócrates logra en 50 pasos que el esclavo resolviera “por sí mismo” el problema sin tener conocimiento alguno de la geometría. Esta construcción progresiva de un razonamiento geométrico llevó al esclavo ignorante a la solución correcta de duplicar el área del cuadrado usando como un nuevo lado la diagonal del cuadrado dado. Es obvia, para un entendido, la relación de este procedimiento con el teorema de Pitágoras. Sócrates con este resultado pretendió probar que él no enseñó propiamente nada nuevo, que el conocimiento ya estaba en la mente de su alumno (su famoso tema de la anamnesis, del recuerdo). Quisimos repetir este método de preguntas y respuestas con jóvenes contemporáneos y escolarizados y procedimos a generar una entrevista normalizada con 50 preguntas (Goldin et al, 2011). Ante nuestra sorpresa

podimos advertir que la mayoría de los sujetos de la experiencia cometían los mismos errores que el esclavo de Menón antes de llegar a la solución. Más aún, una vez alcanzada la respuesta correcta, construyendo el nuevo cuadrado tomando como lado la diagonal del anterior, casi la mitad de los sujetos del experimento fue incapaz de transferirla a otra situación similar con un cuadrado inicial de un tamaño diferente. Esta imposibilidad de generalizar un procedimiento, de universalizar un concepto nos llamó poderosamente la atención y decidimos observar qué es lo que sucedía en el cerebro del alumno y del docente durante el diálogo y para ello realizamos un nuevo experimento (Holper et al 2013). Utilizamos al efecto dos equipos portátiles de imágenes cerebrales (fNIRS) inalámbricos que permitían el monitoreo simultáneo de la actividad cortical del lóbulo frontal izquierdo del alumno y del docente. Comparamos las actividades de ambos y observamos que existía una fuerte correlación positiva entre la actividad cerebral del alumno y el docente en aquellos sujetos que lograban transferir debidamente el conocimiento, generalizando el procedimiento exitoso de la diagonal en otro cuadrado. Lo contrario se observó en aquellos sujetos incapaces de generalizar el concepto ante otras instancias del mismo problema, o sea duplicar el área de un cuadrado de tamaño diferente al que había sido dado. En ese caso la correlación era claramente negativa entre la actividad del docente y del alumno. A primera vista podríamos postular una “armonía” entre las respectivas actividades cerebrales lo que lleva a la correcta resolución del problema y a su sustentabilidad y universalidad. Pero evidentemente se nos escapa la intimidad de ese mecanismo cerebral que nos

permite predecir con certeza quienes han realmente comprendido el problema y quienes no lo han hecho. Dicho sea de paso es la primera vez que el uso de las nuevas tecnologías de imágenes cerebrales nos señala una pista para indagar en la pedagogía pero será necesario proseguir investigando para esclarecer este notable e inesperado comportamiento que surge del clásico diálogo socrático. Sus implicaciones para la moderna pedagogía son importantes y merecen la mayor atención. Para ello proponemos crear una asociación internacional que llamamos *Teaching Brain Consortium* con el objetivo de explorar los métodos de enseñanza con ayuda de las nuevas tecnologías de imágenes cerebrales en diferentes culturas (Rodríguez, 2013, Watanabe, 2013, Yano, 2013). Cada cultura ha producido sus propias pedagogías. Se trata de un terreno virgen donde está todo por hacer (Battro, 2007b; Battro et al, 2013).

Además *docendo discimus*, enseñando aprendemos, (Battro, 2007^a) y en los últimos años la expansión del entorno digital con las laptops y tabletas en la educación primaria y secundaria nos ha confirmado la formidable capacidad que tienen los niños y adolescentes para enseñar (ver one.laptop.org). Sin ellos la aventura digital se habría reducido a clases de computación en las escuelas, hoy, en cambio vamos hacia una verdadera *escuela expandida* que llega a los hogares y se basa principalmente en el aprendizaje horizontal entre pares, una educación descentralizada y sin fronteras en un nuevo ecosistema digital que está cubriendo el planeta entero. La

introducción de las nuevas técnicas de las neurociencias cognitivas se darán naturalmente en ese contexto.

Referencias

Battro, A.M. (1962). Acerca de una estructura poco conocida del sistema nervioso central : el órgano subforniano. *Acta Neurologica Latinoamericana*, 8, 15-20.

Battro, A.M. & Fraisse, P. (1961). Y a-t-il une relation entre la capacité d'appréhension visuelle et les mouvements des yeux? *Année Psychologique*, 61, 313-323.

Battro, A.M. (1966). *Dictionnaire d' épistémologie génétique* (avec une préface de Jean Piaget). Reidel: Dordrecht, Presses Universitaires de France: Paris.

Battro, A.M. (1969). *El pensamiento de Jean Piaget*. Emecé: Buenos Aires.

Battro, A.M.(1971). Epistemología experimental y fisiología del conocimiento. En *Cibernética* (L.F. Maltese, Editor) TEUCO. Universidad Nacional de Córdoba.

Battro, A.M. (1981). Hemispheric lateralization in the development of spatial and logical reasoning in left and right-handed children. *Archives de psychologie*, 49, 83-90.

Battro, A.M. (1981). Réponse à M. Assal . *Archives de psychologie*, 49, 93-94.

Battro, A.M & Cardinali, D.P. (1996) Más cerebro en la educación. *La Nación*, Buenos Aires.

Battro, A.M. (1996). *A fractal story, the temperature of sight*.

Battro, A.M (1997). La temperatura de la mirada. En M. Guirao (Ed) *Procesos sensoriales y cognitivos*. Laboratorio de Investigaciones Sensoriales. Buenos Aires: Dunken.

Battro, A.M. (2000). *Half a brain is enough: The story of Nico*. Cambridge University Press: Cambridge.

Battro, A.M. (2002). The computer in the school: A tool for the brain. *The challenges of science: Education for the twenty-first century*. Pontifical Academy of Sciences:Vatican.

<http://www.casinapioiv.va/content/accademia/en/publications/scriptavaria/challenges.html>

Battro, A.M. (2004). Digital skills. globalization and education. In *Globalization: Culture and education in the new millennium* (M. Suárez-Orozco, D. Baolian Qin-Hilliard, Eds.). California University Press: San Francisco.

Battro, A.M. (2005). Microdiscoveries: A fractal story. A case study of creative paths and networks in science. *Paths of Discovery*. Pontifical Academy of Sciences:Vatican.

<http://www.casinapioiv.va/content/accademia/en/publications/acta/discovery.html>

Battro, A.M. (2007a). *Homo Educabilis: A neurocognitive approach. What is our real knowledge about the human being?* Pontifical Academy of Sciences: Vatican.

<http://www.casinapioiv.va/content/accademia/en/publications/scriptavaria/humanbeing.html>

Battro A.M. (2007b). Reflections and actions concerning a globalized education. In *Charity and justice in the relations among peoples and nations*. M.A. Glendon, J.J. Llach and M. Sánchez Sorondo (Eds.). Pontifical Academy of Social Sciences: Vatican.

<http://www.pass.va/content/scienze-sociali/en/publications/acta/charityjustice.html>

Battro, A.M. & Denham, P.J. (2007c). *Hacia una inteligencia digital*. Academia Nacional de Educación: Buenos Aires.

http://www.acaedu.edu.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=240:antonio-m-battro

Battro, A.M., Fischer, K.W. & Léna, P.J. (2008) (Eds). *The educated brain: Essays in neuroeducation*. Cambridge University Press.

<http://www.casinapioiv.va/content/accademia/en/publications/scriptavaria/educatedbrain.html>

Battro, A.M. (2009a). Digital Intelligence: the evolution of a new human capacity. *Scientific insights into the evolution of the universe and of life*. Pontifical Academy of Sciences: Vatican.

<http://www.casinapioiv.va/content/accademia/en/publications/acta/evolution.html>

Battro, A.M. (2009b) Multiple intelligences and constructionism in the digital era. In *Multiple Intelligences Around the World*. Jie-Qi Chen, S. Moran T H. Gardner (Eds). Jossey-Bass/Wiley: San Francisco.

Battro, A.M. (2010a). The teaching brain. *Mind Brain and Education*. Vol.4, 1, 28-33.

Battro, A.M. (2010b). The butterflies of the soul. In M. Suárez Orozco and C. Sattin-Bajaj (Eds). *Educating the whole child for the whole world: the Ross School model and education for the global era*. New York University Press: New York.

Battro, A.M., Dehaene, S. & Singer, W.J. (2011a). Introduction. In *Human neuroplasticity and education*. A.M Battro, S. Dehaene and W.J. Singer (Eds). Pontifical Academy of Sciences: Vatican.

<http://www.casinapioiv.va/content/accademia/en/publications/scriptavaria/neuroplasticity.html>

Battro, A.M. (2011b). Neuroeducación: El cerebro en la escuela. En *La Pizarra de Babel: Puentes entre neurociencia, psicología y educación*. S. Lipina y M. Sigman (Editores). Buenos Aires: El Zorzal.

Battro, A.M, Calero, C.I. Goldin, A.P, Holper, L., Pezzatti, L., Shalom, D.E. & Sigman, M. (2013a) The cognitive neuroscience of the teacher-student interaction, *Mind, Brain and Education* .7,3,155-181

Battro, A.M. (2013b). Homo docens and the teaching brain. In A.M. Battro, S. Dehaene & W. Singer, *Neurosciences and the Human Person: New Perspectives on Human Activities*. Pontifical Academy of Sciences, *Scripta Varia* 121, Vatican City 2013.

<http://www.casinapioiv.va/content/accademia/en/publications/scriptavaria/neurosciences.html>

Fraisse, P. & Battro, A.M. (1960). L' évolution de la capacité d' appréhension en fonction du temps d' excitation. *Année Psychologique*, 60, 295-307.

Fischer, K.W., Daniel, D., Immordino-Yang, M.H., Stern, E., Battro, A.M. & Koizumi, H. (2007). Why Mind, Brain and Education? Why know? *Mind, Brain and Education*, 1, 1-2.

Goldin, A., Pezzatti, L., Battro, A. M. & Sigman, M. (2011) Socrates's teaching brain: the Meno experiment. *Mind, Brain and Education*. 5 (4)180-185.

Holper, L., Goldin, A.P., Shalóm, D.E., Battro, A.M., Wolf, M. & Sigman, M. (2013). The teaching and the learning brain: a cortical hemodynamic marker of teacher-student interactions in the Socratic dialog. *International Journal of Educational Research*, 59, 1-10.

Immordino-Yang, M.H. (2008). The stories of Nico and Brooke revisited: Toward a cross disciplinary dialogue between teaching and learning. *Mind, Brain, and Education*, 2, 2: 49 -51.

Lakoff, G. & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago: University of Chicago Press.

López-Escribano, C. & Moreno, A. (2013) Neurociencia y Educación: Estudio evolutivo de un caso de hemisferectomía (a publicar)

Negroponte, N. (2007). The 100 \$ laptop. In M. Sánchez Sorondo, E. Malinvaud & P. Léna (Eds). *Globalization and Education*. Pontifical Academy of Sciences and of Social Sciences: Vatican & Walter de Gruyter: Berlin, New York.

Papert, S. (1965) Introduction. In W.S. McCulloch *Embodiments of mind*,; Cambridge: MIT Press.

Papert, S. & Weir, S. (1967). Information prosthetics for the handicapped . *Artificial Intelligence Memo*, 496, MIT.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: children computers and powerful ideas*. New York: Basic Books.

Piaget, J. y otros (1957) *Epistémologie génétique et recherche psychologique I, Logique et équilibre, II, Logique, langage et théorie de l'information*. Paris: Presses Universitaires de France.

Piaget, J. & Vinh-Bang (1961). Comparison des mouvements oculaires et des centrations du regard en jeu chez l'adulte et l'enfant. *Archives de Psychologie*, 167-190.

Piaget, J. (1961). *Les mécanismes perceptifs*. Paris: Presses Universitaires de France.

Piaget, J. (1967). *Biologie et connaissance: Essai sur les relations entre les régulations organiques et les processus cognitifs*. Paris; Gallimard.

Ramón y Cajal, S. (1923, 1981). *Recuerdos de mi vida. Historia de mi labor científica*. Madrid: Alianza.

Reggini, H.C. (1982). *Alas para la mente. Logo, un lenguaje de computadoras y un estilo de pensar*. Buenos Aires: Galápagos.

Reggini, H.C. (1985). *Ideas y formas. Explorando el espacio en Logo*. Buenos Aires: Galápagos.

Reggini, H.C. (1988). *Computadoras ¿Creatividad o automatismo?* Galápagos: Buenos Aires.

Rodriguez, V. (2013) The human nervous system: A framework for teaching and the teaching brain. *Mind, Brain, and Education* 7(1), 2–12.

Salk, J. (1972). *Man unfolding*. Harper & Row: New York.

Strauss, S. & Ziv, M. (2012) Teaching is a natural cognitive ability for humans. *Mind, Brain, and Education* 6(4), 186–196.

Valente, J. (1983). *Creating a computer based learning environment for physically handicapped children*. PhD. Dissertation, MIT.

Vidal, F. (1994). *Piaget before Piaget*. Cambridge: Harvard University Press.

Watanabe, K. (2013) Teaching as a dynamic phenomenon with interpersonal interactions. *Mind, Brain, and Education* 7,2, 91-100

Yano, K. (2013) The science of human interaction and teaching. *Mind, Brain, and Education* 7(1), 19–29.

