

**Brain-based learning in schools**

At a recent conference held to mark the launch of the Centre for Neuroscience in Education at the University of Cambridge<sup>1</sup>, teachers reported receiving more than 70 mailshots a year encouraging them to attend courses on brain-based learning. Similar phenomena have been reported in other countries<sup>2</sup>. These courses suggest, for example, that children should be identified as either 'left-brained' or 'right-brained' learners, because individuals 'prefer' one type of processing<sup>3</sup>. Teachers are told that the left brain dominates in the processing of language, logic, mathematical formulae, number, sequence, linearity, analysis and unrelated factual information. Meanwhile, the right brain is said to dominate in the processing of forms and patterns, spatial manipulation, rhythm, images and pictures, daydreaming, and relationships in learning<sup>3</sup>. Teachers are advised to ensure that their classroom practice is automatically 'left- and right-brain balanced' to avoid a mismatch between learner preference and learning experience<sup>3</sup>. This neuromyth probably stems from an over-literal interpretation of hemispheric specialization.

Other courses for teachers advise that children's learning styles should be identified as either visual, auditory or kinaesthetic, and that children should then wear a badge labelled either V, A or K while in school, showing their learning style for the benefit of all of their teachers. Still others argue that adoption of a commercial package 'Brain Gym'<sup>®</sup> ensures that 'true' education happens. Brain Gym<sup>®</sup> prescribes a series of simple body movements<sup>4</sup> "to integrate all areas of the brain to enhance learning". Teachers are told that "in technical terms, information is received by the brainstem as an 'impress', but may be inaccessible to the front brain as an 'express'. This ... locks the student into a failure syndrome. Whole-brain learning draws out the potential locked in the body and enables students to access those areas of the brain previously unavailable to them. Improvements in learning ... are often immediate". It is even claimed that the child can press certain 'brain buttons' under their ribs<sup>4</sup> to focus the visual system for reading and writing.

Many in education accept claims such as these as established fact<sup>5</sup>. Scientists have already alerted society to the neuromyths that are dominant in education at present<sup>6-8</sup>. In addition to the left brain/right brain learning myth, neuromyths that relate to critical periods for learning and to synaptogenesis can be identified. The critical

*Nature Reviews Neuroscience* | AOP, published online 12 April 2006; doi:10.1038/nrn1907

## SCIENCE AND SOCIETY

## Neuroscience and education: from research to practice?

*Usha Goswami*

**Abstract** | Cognitive neuroscience is making rapid strides in areas highly relevant to education. However, there is a gulf between current science and direct classroom applications. Most scientists would argue that filling the gulf is premature. Nevertheless, at present, teachers are at the receiving end of numerous 'brain-based learning' packages. Some of these contain alarming amounts of misinformation, yet such packages are being used in many schools. What, if anything, can neuroscientists do to help good neuroscience into education?

There is a hunger in schools for information about the brain. Teachers are keen to reap the benefits of the 'century of neuroscience' for their students. In neuroscience laboratories, considerable progress is being made in understanding the neurocognitive development underpinning essential skills taught by educators, such as numeracy and literacy. This progress is largely theoretical. The current gulf between neuroscience and education is being filled by packages and programmes claiming to be based on

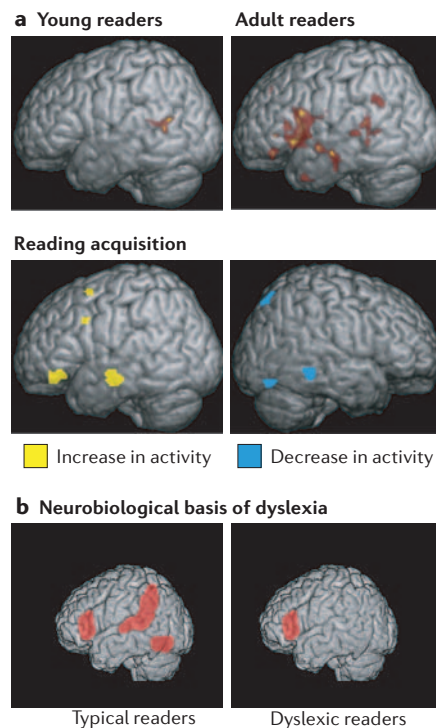
brain science. The speed with which such packages have gained widespread currency in schools is astonishing. This article highlights some pervasive 'neuromyths' that have taken root in education, gives a flavour of the information being presented to teachers as neuroscientific fact, and reviews recent findings in neuroscience that could be relevant to education. It also considers what, if anything, we should do now to influence the widespread misapplication of science to education.

period myth suggests that the child's brain will not work properly if it does not receive the right amount of stimulation at the right time (an insightful analysis is provided by Byrnes<sup>9</sup>). Direct teaching of certain skills must occur during the critical period, or the window of opportunity to educate will be missed. The synaptogenesis myth promotes the idea that more will be learned if teaching is timed with periods of synaptogenesis<sup>7</sup>. Educational interventions will be more effective if teachers ensure that they coincide with increases in synaptic density. Educational interventions are also sometimes suggested to be superior if they encourage 'neuroplasticity'<sup>10</sup>, and teachers are told that neural networks can be altered by 'neuroplasticity training programmes'<sup>10</sup>. Teachers do not realize that, although there might be sensitive periods for some forms of learning, the effects of any type of training programme that changes behaviour will be reflected in the 'remapping' of neural networks.

### Neuroscience in the classroom

These neuromyths need to be eliminated. The dominance of these myths obscures the important strides being made by cognitive neuroscience in many areas relevant to education. For example, our understanding of the neural bases of the '3 Rs' — reading, writing and arithmetic — is growing rapidly. So is our understanding of how to optimize the brain's ability to benefit from teaching. Good instructional practice can be undermined by brain-based factors such as learning anxiety, attention deficits and poor recognition of social cues. All of these factors disrupt an individual's capacity to learn, and also have an effect on other learners in the same classroom.

**Reading and dyslexia.** From work with adults, it is well established that a left-hemisphere network of frontal, temporoparietal and occipitotemporal regions underpins mature reading<sup>11</sup>. However, cross-language imaging studies show some interesting variations. These seem to depend on how the orthography (the writing system) of a language represents phonology (the sounds of the language). When learners of transparent writing systems (for example, Italian) are contrasted with learners of non-transparent (for example, English) or character-based (for example, Chinese) writing systems, highly similar brain areas are found to be active during reading<sup>12,13</sup>. However, mature readers of transparent orthographies show greater activity in the left planum temporale, a brain region involved in letter-sound



conversion, whereas mature English readers show greater activation of an area known as the visual word form area (VWFA) in the left occipital temporal region<sup>12</sup>. Although originally proposed as the substrate of visual word recognition<sup>14,15</sup>, this neural area has also been proposed to involve phonology — for example, through the computation of orthographic–phonological connections<sup>16,17</sup>. Its greater activation in English could reflect the several levels of spelling-sound correspondence that are important for decoding English<sup>18</sup> (for example, reading BOMIC by letter-sound conversion or by analogy to COMIC). Readers of Chinese show relatively more engagement of visuospatial areas, presumably for recognizing complex characters<sup>13</sup>.

Developmentally, it is known from behavioural studies that pre-readers who can recognize phonological similarity (for example, that CAT and HAT rhyme, or that CAT and CUP share the first sound) become better readers. Imaging studies have confirmed that young readers primarily depend on the left posterior superior temporal cortex, the area identified in adult studies as the locus of phonological decoding<sup>19</sup> (FIG. 1). Activity in this region is also modulated by children's phonological skills. As literacy is acquired, the VWFA (described as a 'skill zone' by some developmental neuroscientists<sup>20</sup>) is more engaged and areas initially active in the right hemisphere are disengaged.

**Figure 1 | Brain areas involved in typical reading development and dyslexia measured with functional MRI. a** | Images in the top panel show the early reliance on the left posterior superior temporal cortex, which is known to be involved in phonological processing, in children learning to read, and the expansive involvement of the left parietal, temporal and frontal cortices in adult readers. Correlations between brain activity during reading and reading ability (measured on standardized tests) demonstrate increased involvement of the left temporal and frontal regions, associated with phonology and semantics, as reading develops (bottom panel). Right posterior activation declines as reading is acquired, presumably indicating reduced reliance on the systems for recognizing non-lexical forms. **b** | Summary of brain regions engaged during reading and reading-related tasks in typically developing readers (left inferior frontal gyrus, left temporoparietal cortex and left inferotemporal cortex) and readers with dyslexia (left inferior frontal gyrus only). Panel a reproduced, with permission, from REF. 19 © (2003) Macmillan Publishers Ltd. Panel b courtesy of G. Eden, Centre for the Study of Learning, Georgetown University, Washington, DC, USA.

Studies of children with developmental dyslexia (children who are failing to learn to read normally despite average intelligence and educational opportunity) show that, atypically, the right temporoparietal cortex continues to be activated during reading<sup>21</sup>. Children with developmental dyslexia also show significantly less activation in the usual left hemisphere sites. If targeted remediation is provided, usually through intensive tuition in phonological skills and in letter-sound conversion, activity in the left temporal and parietal areas appears to normalize<sup>22,23</sup>. So far, however, developmental neuroimaging studies have been short term and mostly confined to English. Theoretically motivated studies across languages are now required<sup>24</sup>.

These developmental imaging studies show that we can begin to pin-point the neural systems responsible for the acquisition of reading skills, and that we can remediate inefficiencies in these systems. However, so far, these studies do not tell teachers 'what works' in the classroom. Most training studies have used interventions already known to be successful from educational research, and have simply documented that neural changes in the expected areas accompany behavioural changes<sup>22,23</sup>. So far, neuroimaging tells us little more, but, the potential is there. For example, imaging offers the possibility of identifying neural indices of a child's potential difficulties, which may be hidden from view earlier in development. We can

attempt to identify neural markers for phonological sensitivity, such as brain responses to auditory cues for rhythm<sup>25</sup>, to identify who is at risk of later reading difficulties. Alternatively, we can seek general language markers for dyslexia<sup>26</sup>. In both cases, early identification of infants with poor skills would enable language interventions to prevent dyslexia long before schooling<sup>27</sup>.

Studies could also be designed to test neural hypotheses. For example, a popular cognitive theory of developmental dyslexia proposes a cerebellar deficit<sup>28</sup>. A commercial exercise-based treatment programme, the DDAT (Dyslexia Dyspraxia Attention Deficit Treatment)<sup>29</sup>, aims to remediate cerebellar difficulties. Children are encouraged to practise motor skills such as catching beanbags while standing on one leg on a cushion. This is claimed to benefit reading. Imaging studies could measure where neural changes occur in response to such remediation, to see whether permanent changes to the neural areas for reading are involved (this seems unlikely — any effects found for reading are probably short-term placebo effects).

**Number and dyscalculia.** Progress in understanding the underpinnings of arithmetic has been rapid since the proposal that the human brain has dedicated circuits for recognizing numerosity<sup>30</sup>. This ‘number sense’ capacity depends on parietal, prefrontal and cingulate areas, with the horizontal segment of the bilateral intraparietal sulcus (HIPS) playing a central part in the basic representation and manipulation of quantity<sup>31</sup>. In simple paradigms, in which participants have to decide whether, for example, 3 is larger than 5, the HIPS might be the only region specifically engaged. Activity in the HIPS is modulated by the semantic distance between numbers and by the size of numbers<sup>32</sup>. Other arithmetic operations are more dependent on language-based fact retrieval, such as simple multiplication, which activates the angular gyrus<sup>33</sup>.

Some arithmetic operations depend on the mental ‘number line’. This is an apparently universal mental spatial representation of number, in which smaller numbers are represented on the left side of space and larger numbers are represented on the right<sup>34</sup>. The interactions revealed between number and space in the parietal cortex have been particularly interesting. Manual responses to large numbers are faster when the response is on the right side of space, and vice versa for smaller numbers<sup>35</sup>. In line bisection tasks, in which participants have

to estimate the central point of a horizontal line, midpoint estimation systematically deviates to the left if the line is made up of 2s (222222222...) and to the right if the line is made up of 9s (999999999...) <sup>36</sup>. The numbers automatically bias attention. Patients with visual neglect, a disorder of spatial attention following right parietal damage, systematically neglect the left side of space. These patients show a rightward bias in line bisection tasks. This rightward bias was even found for oral estimation (for example, when asked to state the numerical midpoint of 2 and 6, patients tended to give answers like 5)<sup>37</sup>. Therefore, numerical manipulations seem to depend crucially on intact spatial representations; indeed, blind adults who acquire numbers spatially show normal parietal distance effects<sup>38</sup>.

So far, findings from adult neuroimaging and neuropsychological studies remain to be applied to understanding mathematical development in children. One important electroencephalogram (EEG) study showed that when 5-year-old children perform the number comparison task (“is 4 larger or smaller than 5?”) they show effects at similar electrodes in the parietal cortex as adults, with similar latencies<sup>39</sup> (FIG. 2). However, reaction time data showed that the children were three times slower to organize the key press response. This imaging experiment raises the possibility that, neurally, young children can extract numerical information as fast as adults. The slow acquisition of calculation skills in the primary years might, therefore, reflect difficulties in understanding arithmetic notation and place value, rather than difficulties in understanding the relationship between digits and quantities. Neuroimaging studies can help us to investigate this possibility. Also of interest to teachers is the evidence for the spatial mental number line. At present, there are various models in schools for teaching children ordinal knowledge of number — that numbers come in an ordered scale of magnitude. The finding that the brain has a preferred mode of representation suggests that teachers should build on this spatial system when teaching ordinality and place value — for example, through teaching tools such as the ‘empty number line’<sup>40,41</sup>.

Developmental dyscalculia occurs when a child experiences unexpected difficulty in learning arithmetic in the absence of mental retardation despite adequate schooling and social environment<sup>42</sup>. One possible neural explanation is that the core quantity system in the HIPS has developed abnormally. This possibility was investigated by a functional MRI (fMRI) study of girls with

Turner syndrome<sup>43</sup>, who typically present with visuospatial and number processing deficits<sup>44</sup>. Sulcal morphometry using new techniques<sup>45</sup> revealed that the right intraparietal sulcal pattern of most patients with Turner syndrome showed aberrant branching, abnormal interruption and/or unusual orientation<sup>43</sup>. It was suggested that this anatomical disorganization could explain the visuospatial and arithmetic impairments found behaviourally. A study of very low birthweight children with arithmetical difficulties found reduced grey matter in the left intraparietal sulcus<sup>46</sup>. Control studies are now required to determine whether the parietal sulci are abnormal in other developmental syndromes that do not present with arithmetical difficulties. If parietal abnormalities characterize only children presenting with arithmetical impairments, this would imply a direct link between the brain and behaviour. Children without apparent developmental syndromes who present with unusually poor number processing in the classroom would then need to be assessed for parietal damage.

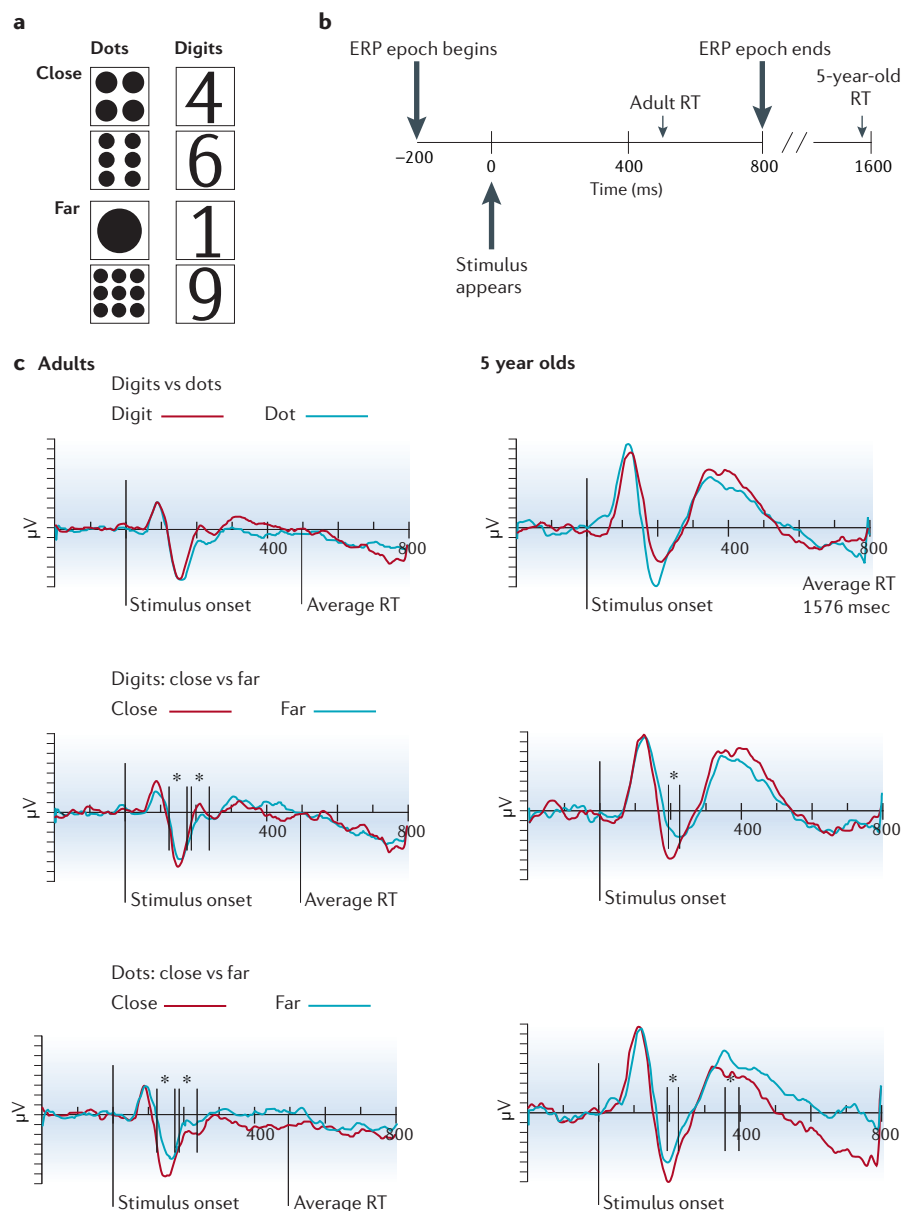
### **Attention, emotion and social cognition.**

The short attention spans of some children pose continual problems for their teachers. Children with attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD) are particularly challenging to educate, as they are inattentive and impulsive, cruising the classroom instead of focusing on their work. Of course, all young children experience some difficulties in sustaining attention and inhibiting impulses. Perhaps attentional training might benefit all preschoolers<sup>47</sup>, leading to educational advantages?

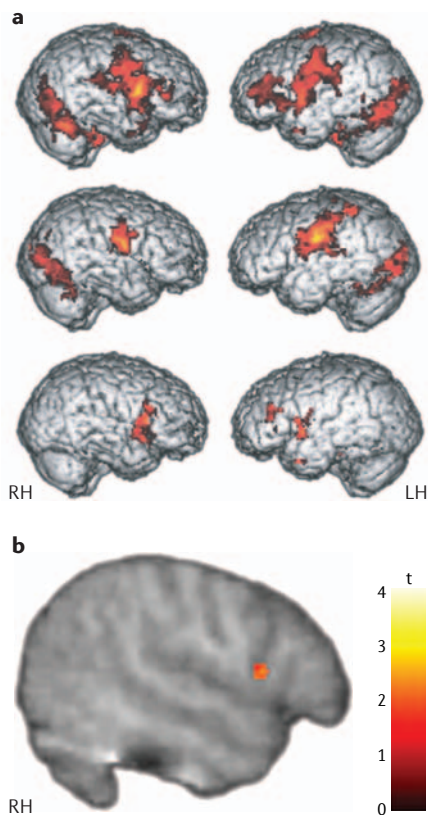
A recent brain imaging study claimed that 5 days of attention training significantly improved performance on tests of intelligence in 4- and 6-year-old children<sup>48</sup>. The children were given training exercises to improve stimulus discrimination, anticipation and conflict resolution. For example, they learned to track a cartoon cat on a computer screen by using a joystick, to anticipate the movement of a duck across a pond by moving the cat to where the duck should emerge, and to select the larger of two arrays of digits when conflict was introduced by using smaller digits to present the larger array. Attention was tested before and after the training exercises by asking children to press a computer key to indicate which direction the central fish in a row of five fish was facing. Before training, the children were also given an intelligence test, and the same test was repeated after 5 days

of training (which in itself would improve performance, due to item familiarity). Children in the control group either received the attention and intelligence tests only, or attended the laboratory for five sessions of watching popular videos. No matched computer training with animal cartoons was provided to train a control skill, such as memory. Even so, attention training did not improve performance in attention. Instead, an effect of attention training was found for one of the intelligence tests. Scores on the Matrices subtest improved by a significant 6.5 points for the trained 4-year-olds only. EEG data were then collected to determine whether neural conflict-related attentional effects familiar from adults would be found in the trained children. The effect sought was a larger frontal negativity for incongruent trials at the frontoparietal electrodes, particularly at Cz. Despite the lack of behavioural effects, an electrophysiological effect was found for the trained 6 year olds at the target electrode (Cz). For the trained 4 year olds, a 'hint of an effect' was found at a different frontal electrode (Fz). From these single electrode results, it was argued that the executive attention network can be influenced by educational interventions during development. However, as the attention intervention did not affect the children's performance in the attention tasks, further research is needed to support this conclusion. Unusually, the authors offer their training programme free through the Organization for Economic Cooperation and Development, enabling other scientists to test its effectiveness. This is to be highly commended.

The neural substrates for emotional processing are increasingly well understood. For example, the amygdala is known to be important for the interpretation of emotional and social signals, particularly from the face and eyes<sup>49</sup>. In adults, the degree of amygdala activation is particularly correlated with the intensity of facial expressions of fear<sup>49</sup>. Children, too, show amygdala activity to fearful expressions, and children with autism (who have impaired social cognition) have significantly increased amygdala volume<sup>50</sup>. The anatomical system involved in fear processing could be abnormal from an early age in autism, as was suggested by a recent EEG study with 3 year olds<sup>51</sup>. The mirror neuron system in the inferior frontal gyrus is also involved in understanding the emotional states of others<sup>52</sup>. The results of a recent fMRI study showed no activity in this area in children with autism when compared with typically developing children during the



**Figure 2 | Electrophysiological recordings of activity during number processing tasks in children and adults.** **a** | Participants were shown numbers, represented by either dots or digits, and required to press a response key with their left hand if the numbers were smaller than 5, or with their right hand if the numbers were larger than 5. In adults, the typical finding in such tests is that responses are faster when numbers are distant (for example, 9 or 1) rather than close (6 or 4) to 5; this is called the distance effect. Behavioural data indicated distance effects for both adults and children in this task. **b** | A schematic depiction of the event-related potential (ERP) procedure. Recording of brain activity began 200 ms before and ended 800 ms after stimulus onset. Within this recording epoch, voltage changes associated with the behavioural distance effect for adults and children were found at similar parietal electrode sites. However, the schematic shows that the key press response required ~500 ms for the adults, but ~1,600 ms for the children. Whereas numbers seem to be recognized at similar latencies by children and adults, organization of the required response takes much longer for children. **c** | Representative posterior channel (91) comparing ERPs in adults and 5 year olds for the number comparison task. The x-axis is in milliseconds and corresponds to a 1-s epoch of recorded electroencephalogram (EEG; 200 ms baseline, 800 ms poststimulus). Top panel, notation effects (digits versus dots). The two age groups show qualitatively similar initial components (P1, N1 and P2p) with only slightly delayed peaks in the 5 year olds. Middle panel, ERP distance effect for digits in both age groups. Bottom panel, ERP distance effect for dots in both age groups. Significant differences associated with distance began in children 50 ms after adults despite children having reaction times (RTs) that were >1,000 ms longer. Asterisk denotes significant differences at  $p < 0.5$ . Modified, with permission, from REF. 39 © (1998) National Academy of Sciences.



**Figure 3 | Neural activity during imitation and observation of emotional expressions for typically developing children and children with autism spectrum disorders.** **a** | Shows brain activation recorded during imitation of emotional expressions. Activity in the bilateral pars opercularis (stronger in the right) of the inferior frontal gyrus is seen in the typically developing group (top panel) but not in the group with autism spectrum disorders (ASD; middle panel). A between-group comparison (bottom panel) revealed that this difference is significant ( $t > 1.83$ ,  $p < 0.05$ , corrected for multiple comparisons at the cluster level). RH, right hemisphere; LH, left hemisphere. **b** | Activity in the mirror neuron system during the observation of emotional expressions<sup>53</sup>. The right pars opercularis showed significantly greater activity in typically developing children than in children with ASD ( $t > 1.83$ ,  $p < 0.05$ , small volume corrected). Reproduced, with permission, from REF. 53 © (2006) Macmillan Publishers Ltd.

imitation of emotional expressions<sup>53</sup> (FIG. 3). Mirror neurons appear to mediate our understanding of emotional states via imitation, allowing the translation of an observed action (such as a facial expression) into its internally felt emotional significance<sup>52</sup>. This translation appeared to be absent in autism.

Research such as this allows us to study the neural underpinnings of emotional processing in children in mainstream schooling. For example, children exposed to harsh discipline

and physical abuse at home seem to process emotions differently from other children<sup>54</sup>. In later childhood they are also more likely to have conduct disorders that make them difficult to teach<sup>55</sup>. Such children are prone to an anger attribution bias, tending to (mis)attribute anger to the actions and statements of others<sup>54</sup>. So far, little neuroimaging work has been done with such children. If atypical brain development is found, and if training programmes can be devised to improve these children's reading of social signals, this would be of benefit to education. We already know that it might be possible to teach children with autism to 'read' emotions to some degree<sup>56</sup>. Optimal interventions for other groups of children could also be designed, with imaging data helping to pinpoint the brain networks to be targeted.

A similar logic applies to learning anxiety. Neuroimaging studies of anxiety disorders in adults focus particularly on structural and functional changes in the orbitofrontal cortex (OFC) and the temporal lobes, including the amygdala<sup>57</sup>. Anxiety disorders are known to increase following traumatic brain injury (TBI). A neuroimaging study of children aged 4–19 years with severe TBI showed that children with more damage to the OFC were less likely to develop anxiety disorders<sup>58</sup>. The authors suggested that an imbalance in the OFC–amygdala connection could influence the expression of anxiety, and pointed out that in non-human primates these connections begin to develop during gestation. Anxiety disorders can be treated, and neuroimaging in adults suggests that some beneficial treatments target the amygdala<sup>59</sup>. As in adults, anxiety in children appears to affect attentional systems, leading children to selectively shift attention towards threatening stimuli<sup>60</sup>. Again, it might be possible to devise early interventions for such children, and to use neuroimaging to identify who is most likely to benefit.

### Can we bridge the gulf?

While we await such developments, can we bridge the gulf between neuroscience and education by speaking directly to teachers, and sidestepping the middlemen of the brain-based learning industry? We are trying to do this in our UK seminar series, and through the International Mind, Brain and Education Society<sup>1,61</sup>. For example, at the Cambridge conference, prominent neuroscientists working in areas such as literacy, numeracy, IQ, learning, social cognition and ADHD spoke directly to teachers about the scientific evidence being gathered in

scientists' laboratories. The teachers were amazed by how little was known. Although there was enthusiasm for and appreciation of getting first-hand information, this was coupled with frustration at hearing that many of the brain-based programmes currently in schools had no scientific basis. The frustration arose because the neuroscientists were not telling the teachers 'what works instead'. One delegate said that the conference "Left teachers feeling [that] they had lots stripped away from them and nothing put in [its] place". Another commented that "Class teachers will take on new initiatives if they are sold on the benefits for the children. Ultimately this is where brains live!"

This last comment surely provides an insight into the success of the brain-based learning industry. Inspirational marketing ensures that teachers who attend these conferences do get 'sold' on the supposed benefits of these programmes for the children that they teach. Owing to placebo effects, these programmes may indeed bring benefits to children in the short term. However, such programmes are unlikely to yield benefits in the long term, and so many will naturally fall out of use (one teacher commented "We no longer make children wear their VAK badges"). The question for society is, should neuroscientists do anything about this misuse of science? After all, each of these programmes will have a natural life, and will then go away. Only findings for the classroom that are really based on neuroscience will endure. So should we do anything now?

At least two lessons for science and society have emerged from efforts to bring together neuroscience and education<sup>1,62,63</sup>. The first is the immense goodwill that teachers and educators have for neuroscience — they are very interested in neuroscience, they feel that we have the potential to make important discoveries about human learning, and they are eager to learn about these discoveries and to contribute ideas and suggestions. Many teachers have found attending these conferences an intellectually exhilarating experience. The second lesson is that neuroscientists may not be those best placed to communicate with teachers in any sustained way. The scientists are seen as too concerned to establish the rigour of their experimental manipulations, and as providing too much data. Most teachers prefer broad brush messages with a 'big picture', and being 'told what works'. Neuroscientists are not necessarily gifted at communicating with society at large, and they are appropriately cautious about saying that something 'works'.

It may be of most use to society if we as scientists foster and support a network of communicators of our research — individuals who can bridge the current gulf between neuroscience and education by providing high-quality knowledge in a digestible form. These communicators could function in a similar way to the information officers of medical charities, but, in this case, explain what neuroscience breakthroughs mean for the child in the classroom. Ideal communicators would be ex-scientists with an interest in education, perhaps attached to universities or to national education departments. They could fulfil a dual role: interpreting neuroscience from the perspective of and in the language of educators, and feeding back research questions and ideas from educators to neuroscientists. In my view, we should not remain quiet when claims that we know to be spurious are made, such as that children can organize themselves for reading and writing by pressing their ‘brain buttons’. Nevertheless, it might, ultimately, be of most value to society if we empower our own middlemen, communicators who know who to consult for expert advice on the latest claims of the brain-based learning industry, and who are clearly working in the public interest and not for profit. A network of such communicators would serve us all (and our children), and would prevent society from pouring precious educational resources into scientifically spurious applications.

Usha Goswami is at the Centre for Neuroscience in Education, University of Cambridge, 184 Hills Road, Cambridge CB2 2PQ, UK.  
e-mail: ucg10@cam.ac.uk

doi:10.1038/nrn1907

Published online 10 April 2006

- Economic and Social Research Council Teaching and Learning Research Programme (ESRC TLRP) seminar series. *Collaborative Frameworks for Neuroscience and Education*. [online], <www.tlrp.org> Education and Brain Research: Neuroscience, Teaching and Learning conference. 25–27 July 2005, Faculty of Education, University of Cambridge, UK.
- Stern, E. Pedagogy meets neuroscience. *Science* **310**, 745 (2005).
- Smith, A. *Accelerated Learning in the Classroom* (Network Educational Press Ltd, Bodmin, UK, 1996).
- Cohen, I. & Goldsmith, M. *Hands On: How to Use Brain Gym® in the Classroom* (Hands On Books, Sea Point, South Africa, 2000).
- Hoffman, E. *Introducing Children to their Amazing Brains* (LTL Books Ltd, Middlewich, UK, 2002).
- Organisation for Economic Co-operation and Development. *Understanding the Brain: Towards a New Learning Science* (2002).
- Bruer, J. T. Education and the brain: a bridge too far. *Educ. Res.* **26**, 4–16 (1997).
- Blakemore, S. J. & Frith, U. *The Learning Brain: Lessons for Education* (Blackwell, Oxford, UK, 2005).
- Byrnes, J. P. *Minds, Brains and Learning* (Guilford Press, New York, 2001).
- Tallal, P. Improving language and literacy is a matter of time. *Nature Rev. Neurosci.* **5**, 721–728 (2004).
- Fiez, J. A. & Petersen, S. E. Neuroimaging studies of word reading. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **95**, 914–921 (1998).
- Paulesu, E. *et al.* Dyslexia: cultural diversity and biological unity. *Science* **291**, 2165–2167 (2001).
- Siok, W. T., Perfetti, C. A., Jin, Z. & Tan, L. H. Biological abnormality of impaired reading is constrained by culture. *Nature* **431**, 71–76 (2004).
- Cohen, L. & Dehaene, S. Specialisation within the ventral stream: the case for the visual word form area. *Neuroimage* **22**, 466–476 (2004).
- Dehaene, S. *et al.* The neural code for written words: a proposal. *Trends Cogn. Sci.* **9**, 335–341 (2005).
- Price, C. J. *et al.* Cortical localisation of the visual and auditory word form areas: a reconsideration of the evidence. *Brain Lang.* **86**, 272–286 (2003).
- Goswami, U. & Ziegler, J. C. A developmental perspective on the neural code for written words. *Trends Cogn. Sci.* (in the press).
- Ziegler, J. & Goswami, U. Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: a psycholinguistic grain size theory. *Psychol. Bull.* **131**, 5–29 (2005).
- Turkeltaub, P., Gareau, L., Flowers, D. L., Zeffiro, T. A. & Eden, G. F. Development of neural mechanisms for reading. *Nature Neurosci.* **6**, 767–773 (2003).
- Pugh, K. R. *et al.* Neurobiological studies of reading and reading disability. *J. Commun. Disord.* **34**, 479–492 (2001).
- Shaywitz, B. A. *et al.* Disruption of posterior brain systems for reading in children with developmental dyslexia. *Biol. Psychiatry* **52**, 101–110 (2002).
- Temple, E. *et al.* Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioural remediation: evidence from functional fMRI. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **100**, 2860–2865 (2003).
- Simos, P. G. *et al.* Dyslexia-specific brain activation profile becomes normal following successful remedial training. *Neurology* **58**, 1203–1213 (2002).
- Ziegler, J. C. & Goswami, U. Becoming literate in different languages: similar problems, different solutions. *Dev. Sci.* (in the press).
- Goswami, U. in *Mind, Brain and Education* (eds Fischer, K. & Batro, A.) (Pontifical Academy of Sciences, Rome, in the press).
- Molfese, D. Predicting dyslexia at 8 years of age using neonatal brain responses. *Brain Lang.* **72**, 238–245 (2000).
- Goswami, U. Neuroscience and Education. *Brit. J. Educ. Psychol.* **74**, 1–14 (2004).
- Nicolson, R. I. & Fawcett, A. J. Developmental dyslexia: the role of the cerebellum. *Dyslexia* **5**, 155–177 (1999).
- Reynolds, D., Nicolson, R. I. & Hambly, H. Evaluation of an exercise-based treatment for children with reading difficulties. *Dyslexia* **9**, 48–71 (2003).
- Dehaene, S. *The Number Sense* (Oxford Univ. Press, New York, 1997).
- Dehaene, S., Molko, N., Cohen, L. & Wilson, A. J. Arithmetic and the brain. *Curr. Opin. Neurobiol.* **14**, 218–224 (2004).
- Pinel, P., Dehaene, S., Riviere, D. & LeBihan, D. Modulation of parietal activation by semantic distance in a number comparison task. *Neuroimage* **14**, 1015–1026 (2001).
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P. & Cohen, L. Three parietal circuits for number processing. *Cogn. Neuropsychol.* **20**, 487–506 (2003).
- Dehaene, S. & Cohen, L. Towards an anatomical and functional model of number processing. *Math. Cogn.* **1**, 83–120 (1995).
- Dehaene, S., Bossini, S. & Giraux, P. The mental representation of parity and numerical magnitude. *J. Exp. Psychol. Gen.* **122**, 371–396 (1993).
- Hubbard, E. M., Piazza, M., Pinel, P. & Dehaene, S. Interactions between number and space in parietal cortex. *Nature Rev. Neurosci.* **6**, 435–448 (2005).
- Zorzi, M., Priftis, K. & Umiltà, C. Brain damage: neglect disrupts the mental number line. *Nature* **417**, 138–139 (2002).
- Szucs, D. & Csépe, V. The parietal distance effect appears in both the congenitally blind and matched sighted controls in an acoustic number comparison task. *Neurosci. Lett.* **384**, 11–16 (2005).
- Temple, E. & Posner, M. I. Brain mechanisms of quantity are similar in 5-year-old children and adults. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **95**, 7836–7841 (1998).
- Bramald, R. Introducing the empty number line: the Dutch approach to teaching number skills. *Education* **3–13** **28**, 5–12 (2000).
- Griffin, S. A., Case, R. & Siegler, R. S. in *Classroom Lessons: Integrating Cognitive Theory* (ed. McGilly, K.) 25–50 (MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1995).
- Kosc, L. Developmental dyscalculia. *J. Learn. Disabil.* **7**, 46–59 (1974).
- Molko, N. *et al.* Functional and structural alterations of the intraparietal sulcus in a developmental dyscalculia of genetic origin. *Neuron* **40**, 847–858 (2003).
- Ross, J., Zinn, A. & McCauley, E. Neurodevelopmental and psychosocial aspects of Turner Syndrome. *Ment. Retard. Dev. Disabil. Res. Rev.* **6**, 135–141 (2000).
- Riviere, D. *et al.* Automatic recognition of cortical sulci of the human brain using a congregation of neural networks. *Med. Image Anal.* **6**, 77–92 (2002).
- Isaacs, E. B., Edmonds, C. J., Lucas, A. & Gadian, D. G. Calculation difficulties in children of very low birthweight: a neural correlate. *Brain* **124**, 1701–1707 (2001).
- Posner, M. I. & Rothbart, M. K. Influencing brain networks: implications for education. *Trends Cogn. Sci.* **9**, 99–103 (2005).
- Rueda, M. R., Rothbart, M. K., McCandliss, B. D., Saccamanno, L. & Posner, M. L. Training, maturation and genetic influences on the development of executive attention. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **102**, 14931–14936 (2005).
- Morris, J. S. *et al.* A differential neural response in the human amygdala to fearful and happy facial expressions. *Nature* **383**, 812–815 (1996).
- Schumann, C. M. *et al.* The amygdala is enlarged in children but not adolescents with autism; the hippocampus is enlarged at all ages. *J. Neurosci.* **24**, 6392–6401 (2004).
- Dawson, G., Webb, S. J., Carver, L., Panagiotides, H. & McPartland, J. Young children with autism show atypical brain responses to fearful versus neutral facial expressions of emotion. *Dev. Sci.* **7**, 340–359 (2004).
- Carr, L. *et al.* Neural mechanisms of empathy in humans: a relay from neural systems for imitation to limbic areas. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **100**, 5497–5502 (2003).
- Dapretto, M. *et al.* Understanding emotions in others: mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders. *Nature Neurosci.* **9**, 28–30 (2006).
- Schultz, D., Izard, C. E. & Bear, G. Children’s emotion processing: relations to emotionality and aggression. *Dev. Psychopathol.* **16**, 371–387 (2004).
- Scott, S., Knapp, M., Henderson, J. & Maughan, B. Financial cost of social exclusion: follow up study of antisocial children into adulthood. *Brit. Med. J.* **323**, 1–5 (2001).
- Golan, O. & Baren-Cohen, S. Systemizing empathy: teaching adults with Asperger syndrome and high functioning autism to recognise complex emotions using interactive media. *Dev. Psychopathol.* **18**, 589–615 (2006).
- Adolphs, R. Neural systems for recognising emotion. *Curr. Opin. Neurobiol.* **12**, 169–177 (2002).
- Vasa, R. A. *et al.* Neuroimaging correlates of anxiety after pediatric traumatic brain injury. *Biol. Psychiatry* **55**, 208–216 (2004).
- Rauch, S. L., Shin, L. M. & Wright, C. I. Neuroimaging studies of amygdala function in anxiety disorders. *Ann. NY Acad. Sci.* **985**, 389–410 (2003).
- Muris, P., Merckelbach, H. & Damsma, E. Threat perception bias in nonreferred, socially anxious children. *J. Clin. Child Psychol.* **29**, 348–359 (2000).
- International Mind, Brain and Education Society [online], <www.imbes.org>
- Mind, Brain and Education Useable Knowledge Conference*, 7–8 October 2004, Graduate School of Education, University of Harvard [online], <www.gse.harvard.edu/usableknowledge/mbe/index.htm>
- International Mind, Brain and Education Summer School*, 16–20 July 2005, Erice, Sicily.

#### Competing interests statement

The author declares no competing financial interests.

#### FURTHER INFORMATION

Learning Sciences and Brain Research:

<http://www.teach-the-brain.org>

The Centre for Neuroscience in Education: <http://www.educ.cam.ac.uk/neuroscience/index.htm>

Access to this links box is available online.

Copyright of Nature Reviews Neuroscience is the property of Nature Publishing Group and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.





# Cognitive neuroscience and education: unravelling the confusion

Noel Purdy<sup>a\*</sup> and Hugh Morrison<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Stranmillis University College, Belfast;* <sup>b</sup>*Queen's University, Belfast*

This paper critically examines the application of research into cognitive neuroscience to educational contexts. It first considers recent warnings from within the neuroscientific community itself about the limitations of current neuroscientific knowledge and the urgent need to dispel popular 'neuromyths' which have become accepted in many classrooms. It also criticises the use of over-simplified neuroscience to add scientific credibility to curricular reform, as has been the case in the rationale behind the recent implementation of the Northern Ireland Revised Curriculum. The paper then draws on the philosophy of Wittgenstein to highlight a further conceptual confusion which often surrounds the application of neuroscience to education.

## **Introduction: recent research into cognitive neuroscience and education**

This paper examines the application of research from cognitive neuroscience to education. This consideration takes place in a context where schools are being bombarded with so-called brain-based learning packages. Several recent publications have, however, expressed caution (OECD, 2002; Goswami, 2004, 2006; Hall, 2005). Goswami (2006), Director of the Centre for Neuroscience in Education at the University of Cambridge, has written of the 'astonishing' speed with which packages claiming to be based on brain science have gained widespread currency in schools and which, not being subject to rigorous scrutiny, often represent little more than 'neuromyths', a term first coined by the OECD report on brain learning (OECD, 2002).

A decade ago Bruer, referred to as 'the most outspoken critic of a premature application of brain research to education' (Blakemore & Frith, 2005, p. 9), claimed that the 'neuroscience and education argument may be rhetorically appealing, but scientifically, it's a bridge too far' (Bruer, 1997, p. 5). Bruer viewed cognitive psychology as a potential intermediate level of analysis, necessary to link brain

---

\*Corresponding author. Senior Lecturer, Department of Teacher Education (Post-Primary), Stranmillis University College, Stranmillis Road, Belfast BT9 5DY. Email: n.purdy@stran.ac.uk

science to education, but urged caution in attempting to make *direct* links between classroom learning and neuroscience:

Neuroscience has discovered a great deal about neurons and synapses, but not nearly enough to guide educational practice. Currently, the span between brain and learning cannot support much of a load. Too many people marching in step across it could be dangerous. (Bruer, 1997, p. 15)

In the intervening years, this ‘misapplication of science to education’ (Goswami, 2006, p. 2) has if anything intensified, encouraged by a hunger for information about the brain in schools, and despite warnings (also reported by Goswami, 2006) from most scientists that filling the gulf between current science and direct classroom application is premature. Geake and Cooper (2003) have argued for a more considered ‘middle path, but with cautious optimism that the relationship between cognitive neuroscience and education will be for the long term’ (p. 7). They ask educationalists to give neuroscience a ‘fair hearing’ (p. 8) and argue that the embrace of neuroscience by educationists is a necessary means to stem the ‘increasing marginalisation of teachers as pedagogues’ (p. 11) from politicians and boardroom directors with their predominantly instrumental objectives. Geake and Cooper conclude that ‘there are implications and applications for education in cognitive neuroscience’ (p. 17) and they look forward to the day when there might be enough known about brain activity to monitor learning and evaluate the effectiveness of instruction.

Geake (2005, p. 12) is quick to point out that there have been mistakes made in the past as ‘intellectually unscrupulous characters’ have expounded over-simplistic theories, such as learning-styles, left and right brain thinking or ‘Brain Gym’ exercises. Geake insists that ‘university educationists need to provide a rigorous critical filter lest more neuro-nonsense infects the nation’s schools’ (p. 12). It is now time, Geake argues, that education not only takes account of the developments in neuroscience but also begins to make a contribution to the future agenda of neuroscientific research. Geake concludes that ‘a cognitive neuroscience-education nexus should be a two-way street’ (p. 12). Goswami (2006) similarly notes that there is much that neuroscience needs to learn from classroom practitioners who need to be encouraged to feed back important research questions. Goswami criticises the neuroscientific community for their inadequate communication skills and calls for a network of communicators of neuroscientific research ‘who can bridge the current gulf between neuroscience and education by providing high-quality knowledge in digestible form’ (p. 7). At the level of the classroom there is therefore an acknowledged need for better two-way communication between the complex world of cognitive neuroscience and the equally complex world of education, and a necessity for a ‘critical filter’ to protect classroom teachers from ‘neuro-nonsense’.

Goswami (2006) and Geake (2005) both refer to conferences held recently in Cambridge and Oxford respectively at which teachers were able to hear first-hand from leading neuroscientists about the progress which is being made in the field of research but also about the limitations of their knowledge in many areas. Not surprisingly, Goswami (2006, p. 6) notes that ‘the teachers were amazed by how

little was known' and that rather than being told 'what works' in the classroom, many of the teachers were somewhat disillusioned and frustrated on hearing that there was in fact no scientific basis for many of the brain-based programmes which they had been using in schools. Unfortunately conferences such as these are rare and the number of teachers who can attend remains relatively small. What is needed instead is a national approach to tackling the neuromyths which have become accepted in so many areas of education.

### The Northern Ireland Revised Curriculum

The debate is relevant not just on the classroom level but also in terms of curricular organisation on a regional/national scale. The words of caution expressed above have unfortunately come too late for the teachers and pupils in Northern Ireland. There the Revised Curriculum has been implemented in phases since September 2007. This new curriculum comprises nine learning areas (including Learning for Life and Work) each of which is infused with the following 'skills and capabilities': Personal and Interpersonal Skills; Critical and Creative Thinking Skills; Communication; Application of Number; and Information and Communication Technology (CCEA, 2003a, p. 32). The curriculum is outlined as a series of statements of minimum entitlement, a move away from the rigidity of the former programme of study, and schools are encouraged to interpret the curriculum in innovative ways to promote collaborative learning across learning areas.

Scientific support is claimed by the architects of the Revised Curriculum by reference to neuroscience. In a brief section of the rationale entitled *The Learning Challenge*, the Council for the Curriculum, Examinations and Assessment (CCEA) (2003a, p. 22) notes that 'recently neuroscience has established a number of factors which are critical to learning and to motivation, about how our brains process information'. The following paragraph sketches out the neuroscientific rationale for this major curricular reform (CCEA provides no references to the primary source literature):

We now know that the human brain creates meaning through perceiving patterns and making connections and that thought is filtered through the emotional part of the brain first. The likelihood of understanding taking place is therefore increased significantly if the experience has some kind of emotional meaning, since the emotional engagement of the brain on some level is critical to its seeing patterns and making connections. Learning is particularly effective when we have opportunities to apply what is being learned and when we can transfer learning from one situation to another. Neuroscience, therefore, highlights the need for learning to be emotionally engaging to the learner, particularly during the 11–14 age range when so much else is going on with adolescents to distract them from school. (CCEA, 2003a, p. 22)

CCEA also uses neuroscience to place collaborative project work, in which learning is contextualised, relevant and emotionally engaging, at the centre of the curriculum:

Recent brain research indicates that the brain searches for patterns and interconnections as its way of making meaning. Researchers theorise that the human brain is constantly searching for meaning and seeking patterns and connections. Authentic learning situations

increase the brain's ability to make connections and retain new information. When we set the curriculum in the context of human experience, it begins to assume a new relevance. (CCEA, 2003b, p. 3)

CCEA argues repeatedly that learning must be 'connected', and that learning must be approached 'in a more connected way' (CCEA, 2003a, p. 22). CCEA takes 'connectedness' to mean that the traditional emphasis on teaching discrete subjects is somehow outdated and discredited by recent neuroscience. CCEA instead stresses the value of interdisciplinary skills and greater collaboration between pupils and among subjects as a preparation for the world of work:

Our current emphasis on learning within separate subject disciplines dates back at least a century and is based on the notion that each subject is a distinct form of knowledge with separate characteristics, concepts and procedures which encourage efficient learning. Over the last decade, we have begun to learn more about how the brain processes information and the multi-faceted nature of work in the modern world. We are beginning to question the wisdom of compartmentalising learning while expecting young people to cope with multi-dimensional problems. There is growing recognition that separate subject teaching may prevent pupils from seeing the relationships between subjects. (CCEA, 2003b, pp. 2–3)

Morrison (2006) has already criticised CCEA's use of neuroscience to justify its curriculum innovations. Morrison (2006) suggests that 'there is little evidence that neuroscientists share the same beliefs as brain-based learning enthusiasts' (p. 9) and that CCEA is attempting to 'bolster their case' by invoking 'science'. In its response to Morrison, CCEA claims that it now takes the 'middle ground' in its approach to neuroscience (CCEA, 2006, p. 10) and appears to play down its influence on its revision of the curriculum in Northern Ireland:

CCEA emphasises, again, that neuroscience is not, and was not, the sole or prime foundation for the review of the Northern Ireland curriculum. The review was based on a raft of research, consultation and trialling to which neuroscience makes but one contribution. (CCEA, 2006, p. 11)

So far this paper has outlined the debate about the application of neuroscience to education from within the neuroscientific community, which, in light of recent research and ongoing gaps in knowledge, acknowledges that popular 'neuromyths' in schools must be dispelled and that there needs to be a much tighter regulatory process established to defend schools from future myths. In terms of the development of the Northern Ireland Revised Curriculum, however, there seems to have been little attention paid by the neuroscientific community to the claims made by CCEA (cited above), which are sweeping and unsubstantiated at best. In the following section a more fundamental, philosophical warning is also offered with regard to the risk of conceptual confusion arising from the application of neuroscience to education. This warning is derived from the (later) philosophy of Ludwig Wittgenstein.

### **Wittgenstein and irreducible uncertainty**

In the *Philosophical Investigations* (§138–242) Wittgenstein considers what happens when a child continues a mathematical sequence such as (1,3,5,7...) and notes that

it is generally assumed that there must be an inner mental explanation or cause for the pupil's responses to, say, an examination question:

If one says that knowing the ABC is a state of the mind, one is thinking of a state of a mental apparatus (perhaps of the brain) by means of which we explain the *manifestations* of that knowledge. (*Philosophical Investigations*, §149)

However, Wittgenstein argues that any such attempt to map the exact nature of that 'mental apparatus' which is the supposed source of the response can only lead to ultimate confusion:

We are trying to get hold of the mental process of understanding which seems to be hidden behind those coarser and therefore more readily visible accompaniments. But we do not succeed; or, rather, it does not get as far as a real attempt. For even supposing I had found something that happened in all those cases of understanding,—why should *it* be the understanding? ... And if I say it is hidden—then how do I know what I have to look for? I am in a muddle. (*Philosophical Investigations*, §153)

Similarly in the *Zettel* Wittgenstein writes that we must resist the temptation to find a specific mental process to accompany understanding, and counsels us not to think of understanding as a mental process at all:

But don't think of understanding as a 'mental process'.—For *that* is the way of speaking that is confusing you ... That way of speaking is what prevents us from seeing the facts without prejudice ... So let us not think we *must* find a specific mental process, because the verb 'to understand' is there and because one says: Understanding is an activity of mind. (*Zettel*, §446)

While we seem naturally drawn to believe in mental processes, Wittgenstein encourages us to stop looking for ever more speculative *explanations* and instead to accept the visible *descriptions* of the child's understanding which are manifest in their response. What at first appears to be the preliminary to the solution is in fact the solution itself:

Here we come up against a remarkable and characteristic phenomenon in philosophical investigation: the difficulty—I might say—is not that of finding the solution but rather that of recognising as the solution something that looks as if it were only a preliminary to it. 'We have already said everything.—Not anything that follows from this, no, *this* itself is the solution!'

This is connected, I believe, with our wrongly expecting an explanation, whereas the solution of the difficulty is a description, if we give it the right place in our considerations. If we dwell upon it, and do not try to get beyond it.

The difficulty here is: to stop. (*Zettel*, §314)

However, Wittgenstein does not deny the inner, as Behaviourists might argue, but claims instead, as Hacker (1997, p. 43) notes, 'What we so misleadingly call "the inner" *infuses* the outer' and thus the child's understanding is manifest in the response and cannot be reduced, analysed or interpreted further. For Wittgenstein the inner and outer are intertwined, and so any attempt to isolate the inner will necessarily fail. Moreover the language we use to talk about the inner will remain *irreducibly uncertain*, since there is no way to move to a position of certainty.

This notion of *irreducible uncertainty* is further illustrated in Wittgenstein's discussion of pain. In the *Philosophical Investigations* he writes that there can be no criteria which can be used to justify him saying 'I am in pain'. It simply makes no sense to talk about knowing, or not knowing, or doubting that one is in pain (§288). Justification by criteria of a psychological attribute such as pain is unnecessary and meaningless, because, as Wittgenstein continues, it is to confuse psychological with physical attributes:

What I do is not, of course, to identify my sensation by criteria: but to use the same expression again. But this is not the *end* of the language-game: it is the beginning.

But isn't the beginning the sensation—which I describe?—Perhaps this word 'describe' tricks us here. I say 'I describe my state of mind' and 'I describe my room.' You need to call to mind the differences between the language-games. (*Philosophical Investigations*, §290)

Wittgenstein chooses the examples of describing his room and describing his mind to illustrate that there is an important distinction between physical and psychological attributes. In accordance with Newtonian science the length (a physical attribute) of, say, a table is an intrinsic property of the table alone and will not vary according to the measuring instrument (the ruler or the tape measure). The physical attribute of the length of the table can thus be measured so that any uncertainty (regarding the measurement) can be reduced. Moreover the probability in the measurement can be said to be subjective, since it can be reduced by improved measurement. If one considers the mind, on the other hand, the situation is quite different: to take Wittgenstein's illustration once more, to *measure* pain (a psychological attribute) leads us into considerable confusion. How can it be measured? Wittgenstein proposes the absurd scenario of a clinical thermometer being used first to verify the pain before treatment rather than simply observing the crying and the moaning of the patient (MS 176). Such a measurement of pain is both unnecessary and meaningless. Ter Hark (1990, pp. 147–148) also refers to the necessary and non-causal 'indeterminacy' in Wittgenstein's concept of pain, and notes that the indeterminacy is not removed by surgical inspection or a thermometer reading, even though the pain has been 'measured':

For while the concept of pain has now been determined in the sense that it has been measured, the indeterminacy in our concept of pain has not been removed. It has not been removed because the measurable manipulation of pain produces an entirely *different* concept of pain from ours. (Ter Hark, 1990, p. 148)

As Ter Hark remarks, measuring pain with a thermometer is to change the very concept of pain, since the uncertainty of the psychological attribute of pain cannot be reduced. While physical attributes are intrinsic (the length of the table is a property of the table alone), psychological attributes are necessarily relational in nature, so that any attempt to measure them produces a quite different measurement (such as a thermometer reading) which is a joint property of the psychological attribute and the measuring instrument. In short, psychological attributes are inherently different from physical or mechanical attributes. We can measure the length (a *physical* attribute) of a piece of wood with certainty, but cannot measure the pain (a psychological

attribute) experienced by a human being with certainty because of the inherent vagueness of *psychological* attributes. As Marie McGinn (2003, p. 89) remarks, Wittgenstein wants us to accept the ‘vagueness’ of psychological description as ‘part of its essence’ and to accept that it is logically impossible to isolate and measure the inner.

In relation to education the indeterminacy of psychological attributes (such as understanding) is not removed by a computer-generated print-out of neural processing, because this form of measurement creates a quite different concept. In the light of Wittgenstein’s philosophy we might therefore conclude that cognitive neuroscience can certainly reveal much about brain functioning, but there can be no logical link between fMRI data and educational attributes. Cognitive neuroscience may offer detailed pictures of neural networks, but, just as a thermometer fails to measure pain, so a brain scan fails logically to measure understanding: the concepts involved are simply different and the indeterminacy remains. Cognitive neuroscience therefore at best offers insights into the neural *concomitants* of thinking, but it offers no privileged access into the hidden world of the inner, that inner world being already manifest in external behaviour. Rather than representing a panacea to education, the cognitive neuroscientific enterprise in relation to education is therefore necessarily limited.

### Unravelling the conceptual confusion

The confusion is highlighted in recent collaborative work on the philosophical foundations of neuroscience by a leading neuroscientist, M.R. Bennett, in association with an eminent Wittgensteinian scholar, P.M.S. Hacker. Bennett and Hacker (2003) first cite an array of neuroscientists who have ascribed a wide range of psychological attributes to the brain, such as Crick (1995), Edelman (1994), Blakemore (1977), Young (1978), Damasio (2004), Libet (1985). In the light of what Wittgenstein writes of the misguided Cartesian separation of the inner and outer, Bennett and Hacker (2003) ask whether we know ‘what it is for a brain to see or hear, for a brain to have experiences, to know or to believe something?’ (2003, p. 70) for while we know what it is for a person to reason or to present arguments, do we really have any idea what it could mean for a *brain* to do these?

Rejecting the idea that such utterances are the result of any new scientific discovery revealing that the brain engages alone in such activity, Bennett and Hacker (2003, p. 71) deduce that there is in fact ‘no such thing as the brain’s thinking or knowing, seeing or hearing, believing or guessing, possessing or using information, constructing hypotheses etc.’ and that such beliefs are instead the result of conceptual confusion. Bennett and Hacker (2003) quote Wittgenstein who, in the *Philosophical Investigations*, notes that ‘Only of a human being and what resembles (behaves like) a living human being can one say: it has sensations; it sees, is blind; hears, is deaf; is conscious or unconscious’ (§281). So why has such a form of description been adopted so unquestioningly by neuroscientists? For Bennett and Hacker (2003, p. 72) it is the result of a ‘mutant form of Cartesianism’ where

psychological attributes once ascribed to the mind, Descartes' immaterial *res cogitans*, are now ascribed unreflectively to the material brain instead.

In the rationale for the Northern Ireland Revised Curriculum, for instance, CCEA (2003a) states that, 'We now know that the *human brain creates meaning* through perceiving patterns and making connections ...' (p. 22, emphasis added). However, Bennett and Hacker (2003) argue that the brain is not a logically appropriate subject for psychological attributes and that only a human being can be said to see or be blind, hear or be deaf, ask questions or refrain from asking. It therefore makes no sense to ascribe psychological attributes to the brain. The resulting combination of words is not false: 'rather it says nothing at all, for it lacks sense' (p. 72) since psychological predicates are predicates which apply essentially to the whole living animal and not to its parts. Consequently the authors argue that it is not the eye (let alone the brain) that sees, but rather we see with our eyes. Bennett and Hacker refer to this mistake of ascribing to the constituent parts of an animal attributes that logically apply only to the whole animal as the 'mereological fallacy in neuroscience' (p. 73). Moreover, they note that localised brain activity detected by PET or fMRI does not show that the brain is thinking, reflecting or ruminating: 'it shows that such-and-such parts of a person's cortex are active when the *person* is thinking, reflecting or ruminating' (p. 83). To know that the person is thinking depends then not on the computer-generated image of the excitation of cells in their brain when they are thinking, but rather on behavioural criteria such as the expression on their face. Furthermore, the neural events which take place during the pain of toothache are merely concomitants of the person's feeling toothache. The human being, not the brain, feels the pain. In the *Philosophical Investigations* Wittgenstein writes that the feeling of pain cannot be ascribed to the individual part of the body but to the whole person, and hence one comforts the *person* in pain, not the body part:

But isn't it absurd to say of a *body* that it has pain?—And why does one feel an absurdity in that? In what sense is it true that my hand does not feel pain, but I in my hand?

What sort of issue is: Is it the *body* that feels pain?—How is it to be decided? What makes it plausible to say that it is *not* the body?—Well, something like this: if someone has a pain in his hand, then the hand does not say so (unless it writes it) and one does not comfort the hand, but the sufferer: one looks into his face. (*Philosophical Investigations*, §286)

Bennett and Hacker (2003) conclude by maintaining that it makes no sense to attribute psychological attributes to either the mind (Cartesianism) or to the brain (cognitive neuroscience). Instead psychological attributes must be ascribed to the whole person 'who is a psychophysical unity, not a duality of two conjoined substances, a mind and a body' (p. 106). Far from discrediting neuroscientific research, Bennett and Hacker simply argue that neuroscientists are often guilty of conceptual confusion in ascribing psychological attributes to the physical organ of the brain. Hacker (1997, p. 51) summarises the point neatly:

Brains do not have opinions, argue, hypothesize or conjecture. It is we who do so. To be sure, we could not do so if our brain were destroyed; but then we could not have toothache or walk without a brain either—yet it is not the brain that has toothache and walks to



the dentist. If one is asked what one thinks of the weather, should one say, 'My brain is thinking it over; give it a minute, and it will tell me, and then I'll tell you'? (Hacker, 1997, p. 51)

As Bennett and Hacker would suggest, further confusion surrounding the application of neuroscience to education could be eliminated by 'careful attention to conceptual questions' (p. 107). In so doing, neuroscientists would cease to pose misguided questions, to devise misconceived experiments or to misinterpret the results and implications of such experiments: 'What needs to be said can be said clearly, and saying it clearly will benefit, not diminish, the actual achievements of neuroscience' (p. 107).

## Conclusion

In this paper an attempt has been made to show the urgent need for what Geake (2005) calls a 'critical filter' in order to prevent the unchallenged application of 'scientific' claims to education, whether on the level of classroom teaching methodologies, or on the broader level of curricular reform. The application is seductive in many respects and there is little doubt that the very mention of the word 'neuroscience' adds a veneer of scientific respectability to any curriculum innovation or brain-based package. However, this paper has highlighted not only the caution which has been expressed in recent years from within the neuroscientific community itself but has also highlighted the more fundamental conceptual confusion which often bewitches our thinking and which encourages us to over-generalise, to over-simplify or to fall victim to the mereological fallacy in ascribing to the constituent parts of a person attributes that logically apply only to the whole person.

As McGinn (1993, p. 698) notes, Wittgenstein's work describes how our misconceptions arise because of language, and reveals 'both how our language-game tempts us to false pictures of the mental, and the emptiness of the pictures it prompts us to construct'. Rather than accepting the fundamental and necessary indeterminacy of the mental, Wittgenstein argues that we feel the need (ever tempted by our language) to imagine a hidden, inner realm, which we are desperate to penetrate, reveal and detail. For as long as we are tempted by language, we will continue our vain search for the certainty of inner mental states to determine the *best* way to learn, the *best* way to teach, and (in the case of Northern Ireland) the *best* curriculum model. The radical contribution of Wittgenstein's philosophy to education is surely to demonstrate that at the heart of the problem lies language. In response to the criticism that philosophy has made no progress since the time of Plato, Wittgenstein replies:

The reason is that our language has stayed the same and tempts us again and again towards the same questions. For as long as there will be a verb 'to be', which seems to work like 'to eat' and 'to drink', for as long as there will be adjectives 'identical', 'true', 'false' and 'possible', for as long as there will be talk of a passage of time and of an extent of space etc., etc., then people will run up against the same puzzling difficulties again and again, and they will stare at something which no explanation seems to be able to remove. (*The Big Typescript*, p. 286)

Attempts to solve the problems of education through cognitive neuroscience must therefore be seen as an attempt to reduce the irreducible uncertainty of the mental. Furthermore, CCEA's Revised Curriculum must be seen as not so much a step forward as another unwitting step in a 'curriculum spiral', the result of conceptual confusion.

It is necessary, finally, to consider the two possible future scenarios presented by Geake and Cooper (2003) of a teacher-parent interview at a primary school where a parent is discussing the poor mathematics results achieved by her son, Chris. In the first scenario the teacher has available a neuro-imaging report compiled as Chris undertook his assessment tasks wearing a neuro-imaging headset. The results were later statistically analysed by computer and the parent-teacher report generated. Based on this computer-generated report the class teacher identifies Chris's relatively weak short-term memory and recommends a remedial course to strengthen the relevant circuit. The parent is pleased at the decisive action taken by the teacher and is impressed by her 'professionalism'. In the second scenario the teacher admits to a frustrated parent that she doesn't know what is causing Chris's problem, but recommends that the parent goes to see an external agency (*Cognitive Services Inc.*) specialising in cognitive processing. The teacher's words succinctly express her lack of confidence in herself and in her profession: 'How would I know what to do? After all, I'm only a teacher. I don't know what is causing the problem' (p. 18). It is the contention of Geake and Cooper that the future teacher's professionalism depends on their embracing cognitive neuroscience and on their offering the parent a detailed analysis of the problem and suggestions for remedial action based on neural imagery of Chris's mental processing. In light of the conceptual confusion outlined above, this paper argues, however, that the classroom teacher is foremost an educator not a neuroscientist. While neuroscience can reveal what is happening in the brain as Chris thinks, the imagery is never more than a neural concomitant of that thinking, and there will always be uncertainty about educational processes because educational or psychological attributes are logically and irreducibly uncertain. The answer to Chris's problem therefore does not lie in privileged glimpses into the functioning of his brain, but rather in careful examination of the facts as they appear before the teacher's eyes in the performance of the pupil. A teacher's skill in helping the pupil based on experience in the classroom (rather than the neuroscience laboratory) thus needs no apology, but instead can be celebrated as the epitome of professionalism.

### Notes on contributors

Noel Purdy is a Senior Lecturer at Stranmillis University College, Belfast, and teaches on the B.Ed. post-primary programme. His research interests include models of mind and modern language education.

Hugh Morrison is a Lecturer in the School of Education, Queen's University, Belfast, and is in charge of mathematics education. His research interests include assessment and the role of measurement in education and psychology.

## References

- Bennett, M.R. & Hacker, P.M.S. (2003) *Philosophical foundations of neuroscience* (Oxford, Blackwell).
- Blakemore, C. (1977) *Mechanics of the mind* (Cambridge, Cambridge University Press).
- Blakemore, S-J. & Frith, U. (2005) *The learning brain: lessons for education* (Oxford, Blackwell).
- Bruer, J.T. (1997) Education and the brain: a bridge too far, *Educational Researcher*, 26(8), 4–16.
- CCEA (2003a) *Proposals for curriculum and assessment at Key Stage 3. Part 1: Background rationale and detail* (Belfast, CCEA).
- CCEA (2003b) *Proposals for curriculum and assessment at Key Stage 3. Part 2: Discussion papers and case studies* (Belfast, CCEA).
- CCEA (2006) Response to Dr Hugh Morrison's criticisms of the revised curriculum and assessment proposals including the pupil profile. Available online at: [www.ccea.org.uk](http://www.ccea.org.uk) (accessed 18 June 2007).
- Crick, F. (1995) *The astonishing hypothesis* (London, Touchstone).
- Damasio, A. (2004) *Looking for Spinoza: joy, sorrow and the feeling brain* (London, Vintage).
- Edelman, G. (1994) *Bright air, brilliant fire—on the matter of the mind* (Harmondsworth, Penguin).
- Geake, J. (2005) Educational neuroscience and neuroscientific education: in search of a mutual middle-way, *Research Intelligence: News from the British Educational Research Association*, 92, 10–13.
- Geake, J. & Cooper, P. (2003) Cognitive neuroscience: implications for education? *Westminster Studies in Education*, 26(1), 7–20.
- Goswami, U. (2004) Neuroscience and education, *British Journal of Educational Psychology*, 74, 1–14.
- Goswami, U. (2006) Neuroscience and education: from research to practice, *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 406–413.
- Hacker, P.M.S. (1997) *Wittgenstein on human nature* (London, Phoenix).
- Hall, J. (2005) *Neuroscience and education: a review of the contribution of brain science to teaching and learning* (Glasgow, Scottish Council for Research in Education).
- Libet, B. (1985) Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will in voluntary action, *Behavioural and Brain Sciences*, 8, 536.
- McGinn, M. (1993) Review of Wittgenstein's *Last writings on the philosophy of psychology volume 2: The inner and the outer*, *Mind*, 102, 408.
- McGinn, M. (2003) *Wittgenstein and the philosophical investigations* (London, Routledge).
- Morrison, H. (2006) Brain based learning? *Fortnight*, 440, 9–10.
- OECD (2002) *Understanding the brain: towards a new learning science* (Paris, OECD).
- Ter Hark, M. (1990) *Beyond the inner and the outer: Wittgenstein's philosophy of psychology* (Dordrecht, Kluwer Academic Publishers).
- Wittgenstein, L. (1967) *Zettel* (Oxford, Blackwell).
- Wittgenstein, L. (1992) MS 176 in *Last writings on the philosophy of psychology, Volume II* (Oxford, Blackwell).
- Wittgenstein, L. (2000) *The big typescript* (Frankfurt am Main, Zweitausendeins).
- Wittgenstein, L. (2003) *Philosophical investigations* (Oxford, Blackwell).
- Young, J.Z. (1978) *Programs of the brain* (Oxford, Oxford University Press).

## **Neurociencia cognitiva y educación: desentrañando la confusión**

Noel Purdy and Hugh Morrison

Colegio Universitario Stranmillis, Belfast; Universidad Queen, Belfast

Este artículo analiza críticamente la aplicación de la investigación en la neurociencia cognitiva a la educación contextual. En primer lugar, considera que las recientes advertencias dentro de la comunidad neurocientífica sobre las mismas limitaciones del conocimiento actual de la neurociencia y las necesidades urgentes de disipar populares neuromitos de los cuales se han aceptado en muchas aulas. También critica el uso de la neurociencia simplificada para agregar credibilidad científica a la reforma curricular, como ha sido el caso en la razón detrás de la reciente implementación del Revisado Currículum de Irlanda del Norte. El artículo luego se basa en la filosofía de Wittgenstein para resaltar una mayor confusión conceptual que a menudo rodea a la aplicación de la neurociencia a la educación.

Introducción: las investigaciones recientes en neurociencia cognitiva y educación.

Este artículo examina la aplicación de la investigación desde la neurociencia cognitiva a la educación. Esta consideración se lleva a cabo en un contexto donde las escuelas están siendo bombardeadas con los llamados cerebros basados paquetes de aprendizaje. Varias recientes publicaciones han, sin embargo expresado cautela (OECD, 2002; Goswami, 2004, 2006; Hall, 2005). Goswami, (2006), Director de el Centro de Neurociencia en la Educación en la Universidad de Cambridge, ha escrito sobre la “asombrosa” velocidad con la cual paquetes que dicen basarse en las ciencia del cerebro han ganado multitud de adeptos en las escuelas y que, sin ser sujetos a un escrutinio riguroso, representan a menudo un poco más que los “neuromitos”, un primer termino acuñado por el informe de la OECD sobre el aprendizaje del cerebro (OECD, 2002).

Hace una década Bruer, denominado “el crítico más abierto de una prematura aplicación de la investigación del cerebro a la educación (Blakemore y Frith, 2005, p. 9), afirmó que el “argumento de neurociencia y educación puede ser retóricamente atractiva, pero científicamente, es un puente demasiado” (Bruer, 1997, p. 5). Bruer veía la psicología cognitiva como un intermedio nivel potencial de análisis, necesario para enlazar la ciencia del cerebro con la educación, pero pidió cautela al tratar de establecer vínculos directos entre la neurociencia y el aprendizaje en el aula:

La neurociencia ha descubierto mucho sobre las neuronas y sinapsis, pero no lo suficiente para guiar la educación educativa. En la actualidad, el lapso entre el cerebro y el aprendizaje no puede ser soportar mucha parte de la carga. Demasiada gente marchando en el paso a través de él puede ser peligrosa.

En los años siguientes, esta “mala aplicación de la ciencia a la educación” (Goswami, 2006, p. 2) en todo caso se ha intensificado, animado por una hambre de información sobre el cerebro en las escuelas, y pese a las advertencias (también reportado por Goswami, 2006) de la mayoría de los científicos que llenar el abismo entre la ciencia actual y la aplicación directa en el aula es prematura. Geake y Cooper (2003) han argumentado por una mayor consideración “camino del medio, pero con optimismo cauteloso que la relación entre neurociencia cognitiva y educación serán a largo plazo” (p. 7). Les piden a educadores que les den una “audiencia justa” (p. 8) y argumentan que la aceptación de la neurociencia por educadores es un medio necesario para detener el “creciente marginación de los maestros como pedagogos” (p. 11) desde políticos y directores de salas de juntas con sus objetivos predominantes instrumentales. Geake y Cooper concluyeron que “hay implicaciones y aplicaciones para la educación en neurociencia cognitiva” (p. 17) y ansían el día en que podría haber suficiente conocimiento sobre la actividad cerebral para monitorear el aprendizaje y evaluar la efectividad de la instrucción.

Geake (2005, p. 12) se apresura en señalar que ha habido errores cometidos en el pasado como “personajes intelectualmente sin escrúpulos” han expuesto teorías excesivamente simplísticas, tales como estilos de aprendizaje, pensamientos del cerebro izquierdo y derecho o ejercicios “Cerebro Gimnasio”. Geake insiste en que “los educadores universitarios necesitan proporcionar un filtro crítico riguroso para que no más neuro-sin sentido infecte a las escuelas de la nación (p. 12). Ahora es tiempo, Geake argumenta, que la educación no solo tiene en cuenta el desarrollo en neurociencia pero también comienza a hacer una contribución a la futura agenda de la investigación neurocientífica. Geake concluye que “un nexo de neurociencia cognitiva educativa debe ser una calle de doble sentido” (p. 12). Goswami (2006) también señala que hay mucho que la neurociencia necesita para aprender de los profesionales de un aula que necesitan ser alentados a retroalimentar cuestiones importantes de la investigación. Goswami crítica la comunidad neurocientífica por sus inadecuadas habilidades de comunicación y pide un red de comunicadores de la investigación neurocientífica “que pueden reducir la brecha entre la neurociencia y la educación, ofreciendo alta calidad del conocimiento en forma digerible” (p. 7). En el nivel del salón de clases, hay por lo tanto, un reconocimiento necesario para una mejor comunicación bidireccional entre el mundo complejo de la neurociencia cognitiva y el igualmente complejo mundo de la educación, y una necesidad para un “filtro crítico” para proteger maestros del salón de clases de la neuro-sin sentido”.

Goswami (2006) y Geake (2005) se refieren a las conferencias celebradas recientemente en Cambridge y Oxford, respectivamente, en el que los maestros eran capaces de escuchar de primera mano desde los líderes neurocientíficos sobre los avances que se están realizando en el campo de la investigación, sino también acerca de las limitaciones de sus conocimientos en muchas áreas. No es de extrañar, Goswami (2006, p. 6) señala que “los maestros fueron sorprendidos por lo poco que se conoce” y que en lugar de que se les diga “lo que funciona” en el salón de clases, muchos de los maestros estaban un poco desilusionados y frustrados al enterarse que no había de hecho un base científica para muchos de los programas basados en el cerebro que había estado utilizando en las escuelas. Desafortunadamente conferencias tales como estas son raras y la cantidad de maestros que pueden asistir es relativamente pequeña. Lo que se necesita es un enfoque nacional para hacer frente a los neuromitos que se han aceptado en muchas áreas de la educación.

## El Revisado Currículum de Irlanda del Norte

El debate es relevante no nada más en el nivel del salón de clases pero también en términos de organización curricular en escala regional/nacional. Las palabras de advertencia expresadas arriba han, desafortunadamente, llegado muy tarde para los maestros y alumnos en Irlanda del Norte. Ahí el revisado currículum ha sido implementado en fases desde septiembre 2007. Este nuevo currículum comprende nueve áreas de aprendizaje (incluyendo Aprendizaje para la vida y el Trabajo) cada una de ellas esta integrada con las siguientes “habilidades y capacidades”. Habilidades personales e interpersonales; Habilidades de pensamiento crítico y creativo; Comunicación; Aplicación de número; y Tecnología de la Información y la Comunicación (CCEA, 2003a, p. 32). El Currículum se perfila como una serie de declaraciones de un mínimo de derechos, un alejamiento de la rigidez del antiguo programa de estudio, y a las escuelas se les anima a interpretar el currículum en formas innovadoras para promover el aprendizaje colaborativo a través de áreas de aprendizaje.

El apoyo científico es reclamado por arquitectos del Revisado Currículum en relación con la neurociencia. En una breve sección de la justificación titulado “El desafío del aprendizaje”, el Consejo para el Currículum, Examinaciones y Evaluación (CCEA) (2003a, p. 22) señala que “recientemente, la neurociencia ha establecido un numero de factores que son críticos para el aprendizaje y la motivación, sobre como nuestros cerebros procesan información”. El siguiente párrafo esboza la neurociencia racional para esta mayor forma curricular (CCEA ofrece ninguna referencia a la fuente primaria de la literatura):

*Ahora sabemos que el cerebro humano crea significado a través de la percepción de patrones y hace conexiones y que el pensamiento es filtrado primero a través de la parte emocional de cerebro. La probabilidad de que el conocimiento tenga lugar es por lo tanto incrementado significativamente si la experiencia tiene cierto tipo de significado emocional, ya que el compromiso emocional del cerebro desde un nivel es crítico para ver sus patrones y hacer conexiones. El aprendizaje es particularmente efectivo cuando tenemos las oportunidades de aplicar lo que esta siendo aprendido y cuando podemos transferir el aprendizaje desde una situación a otra. Neurociencias, por lo tanto, pone en relieve la necesidad para que el aprendizaje sea emocionalmente participativo para el alumno, particularmente durante la edad de 11-14 años, cuando tantas cosas esta pasando con los adolescentes que los distrae de la escuela. (CCEA, 2003a, p. 22).*

CCEA también usa la neurociencia para colocar el trabajo en proyectos de colaboración, en el que el aprendizaje es contextualizado, relevante y emocionalmente atractivo, en el centro del currículum:

*La investigación reciente del cerebro indica que el cerebro busca por patrones e interconexiones como su manera de crear significado. Los investigadores teorizan que el cerebro humano esta constantemente búsqueda significado y la búsqueda de patrones y conexiones. Situaciones de aprendizaje auténticos incrementan la habilidad del cerebro para hacer conexiones y retener nueva información. Cuando establecimos el currículum en el contexto de la experiencia humana, comienza a asumir una nueva relevancia. (CCEA, 2003b, p. 3).*

CCEA argumenta reiteradamente que el aprendizaje debe de ser “conectado”, que el aprendizaje debe de ser abordado “de un manera más conectada” (CCEA, 2003a, p. 22).

CCEA lleva “conectividades” a significar que la énfasis tradicional en la enseñanza de temas discretos es de alguna manera anticuado y desacreditado por la neurociencia reciente. CCEA en vez destaca la importancia de las habilidades interdisciplinarias y una mayor colaboración entre estudiantes y entre sujetos como una preparación para el mundo del trabajo:

*El actual énfasis en el aprendizaje dentro de disciplinas separadas de la materia se remota por lo menos un siglo y se base en la noción de que cada sujeto es una distinta forma de conocimiento con distintas características, conceptos y procedimientos que fomentan un aprendizaje eficiente. Durante la última década, hemos comenzado a aprender más sobre como el cerebro procesa la información y de la naturaleza multifacética de trabajo en el mundo moderno. Estamos empezando a cuestionar la sabiduría de aprendizaje compartimentando, mientras esperaban que hicieran frente las personas jóvenes con los problemas multidimensionales. Hay un creciente reconocimiento que la enseñanza separada de la materia puede prevenir alumnos de ver las relaciones entre los sujetos. (CCEA, 2003b, pp. 2-3).*

Morrison (2006) ya ha criticado el uso del CCEA de la neurociencia para justificar sus innovaciones curriculares. Morrison (2006) sugiere que “hay poca evidencia que los neurcientíficos comparten las mismas creencias como los entusiastas en el aprendizaje basado en el cerebro” (p. 9) y que la CCEA esta tratando “reforzar su caso” mediante la invocación de la “ciencia”. En su respuesta a Morrison, CCEA alega que ahora lleva el “termino medio” en su enfoque a la neurociencia (CCEA, 2006, p. 10). Y parece restar importancia a su influencia en su revisión del Currículum en Irlanda del Norte:

*CCEA enfatiza , una vez más que la neurociencia no es, y no será, el fundamento único o principal para la revisión del Currículum de Irlanda del Norte. La revisión fue basada en una serie de investigaciones, consultas y puesta a prueba a la que hace que la neurociencia, sino de contribución. (CCEA, 2006, p. 11)*

Hasta ahora, este documento ha descrito el debate acerca de la aplicación de la neurociencia a la educación desde adentro de la comunidad neurocientífica, que, a la luz de investigaciones recientes en curso y las lagunas en el conocimiento, reconoce que los populares “neuromitos” en las escuelas deben ser disipados y que sus necesidades deben ser un proceso reglamentario mucho más estricto establecido para defender las escuelas de los mitos en el futuro. En términos del desarrollo del Revisado Currículum de Irlanda de Norte, sin embargo, aparece haber muy poca atención prestada por la comunidad neurocientífica a las afirmaciones hechas por CCEA (antes citada), que son barridos y sin fundamentos en mejor de los casos. En la siguiente sección una más fundamental, advertencia filosófica también es ofrecida con respecto al riesgo de confusión conceptual derivada de la (más tarde) filosofía de Ludwig Wittgenstein.

### **Wittgenstein y la incertidumbre irreductible**

En las Investigaciones Filosóficas (138-242) Wittgenstein considera que lo que pasa cuando un niño continua una secuencia matemática tales como (1, 3, 5,7...) y señala que es generalmente asumido que debe de haber una explicación mental interno o causa para la respuesta de alumna a, decir, una pregunta de examen:

*Si uno dice que el conocimiento de las ABC es un estado de la mente, uno esta pensando en el estado de un aparato mental ( tal vez del cerebro) por medio del cual nosotros explicamos las manifestaciones del conocimiento. (Investigaciones filosóficas, §149)*

Aunque, Wittgenstein argumenta que cualquier intento para asignar la exacta naturaleza de ese “aparato mental” el cual es el supuesto fuente de respuesta solo puede conducir a la máxima confusión:

*Estamos tratando de obtener el proceso mental de la comprensión que parece estar oculto detrás de esas burdas y por lo tanto más acompañamientos fácilmente visibles. Pero no tenemos éxito, o, más bien, no llega tan lejos como el verdadero intento. Porque aun suponiendo que yo hubiera encontrado algo pasando en todos esos casos de entendimiento- ¿por qué habría de ser el entendimiento?...y si digo que está oculto- entonces ¿cómo puedo saber que es lo que tengo que buscar? Yo estoy en un lío. (Investigaciones filosóficas, § 153)*

Asimismo, en el Wittgenstein Zettel escribe que debemos resistir la tentación de encontrar un proceso mental específico para acompañar a la comprensión, y nos aconseja en no pensar en la comprensión como un proceso mental en lo absoluto:

*Pero no creo que de la comprensión como un "proceso mental".-Porque esa es la manera de hablar que te está confundiendo ... Esa manera de hablar es lo que nos impide ver los hechos sin perjuicio .... Así que no pensemos que debemos encontrar un proceso mental específico, porque el verbo "entender" está ahí y porque uno dice: La comprensión es una actividad de la mente. (Zettel, § 446).*

A pesar de que parecen naturalmente atraídos a creer en los procesos mentales, Wittgenstein nos anima a dejar de buscar explicaciones cada vez más especulativos y en lugar de aceptar las descripciones visibles de la comprensión del niño que se manifiestan en su respuesta. Lo que al principio parece ser el preliminar de la solución es de hecho la propia solución:

*Aquí nos encontramos con un fenómeno notable y característico de la investigación filosófica: la dificultad-podría decir-no es el de encontrar la solución, sino más bien de reconocer que la solución de algo que parece como si sólo fuera un requisito previo para ello. "Ya hemos dicho todo.-No todo lo que se deduce de esto, no, esto en sí es la solución!"*

*Esto está relacionado, creo yo, con nuestro mal esperando una explicación, mientras que la solución de la dificultad es una descripción, si le damos el correcto lugar en nuestras consideraciones. Si nos detenemos en él, y no tratar de ir más allá de ella.*

*La dificultad aquí es: parar (Zettel, § 314)*

Sin embargo, Wittgenstein no niega el interior, como conductistas podría argumentar, pero afirma que por el contrario, como señala Hacker (1997, p. 43), 'lo que tan engañosamente llaman "el interior" infunde el exterior "y por lo tanto la comprensión del niño se manifiesta en la respuesta y no puede ser reducido, analizado o interpretado adicional. Para Wittgenstein el interior y exterior están entrelazados, por lo que cualquier intento de aislar el interior de un error necesariamente. Por otra parte el lenguaje que usamos para hablar de la interna seguirá siendo irreductiblemente incierto, ya que no hay manera de moverse a una posición de seguridad.

Esta noción de incertidumbre irreductible se ilustra en Wittgenstein discusión del dolor. En las Investigaciones filosóficas, escribe que no puede haber criterios que pueden ser utilizados para justificar diciendo 'tengo dolor'. Simplemente no tiene sentido hablar de saber o no saber, o dudar de que uno está en el dolor (§ 288). La justificación por



criterios de un atributo psicológico como el dolor es innecesario y sin sentido, porque, como Wittgenstein, continúa, es confundir psicológica con los atributos físicos:

*Lo que yo hago no es, por supuesto, para identificar mi sensación por criterios: que utilizar la misma expresión de nuevo. Pero este no es el final del juego de lenguaje: es el principio.*

*Pero no es el comienzo de la sensación-que describo?-Tal vez esta palabra "describir" nosotros los trucos aquí. Yo digo 'yo describo mi estado de ánimo "y" Yo describo mi habitación. "Usted tiene que llamar a la mente las diferencias entre los juegos de lenguaje. (Investigaciones filosóficas, § 290).*

Wittgenstein elige los ejemplos de la descripción de su habitación y la descripción de su mente para ilustrar que hay una importante distinción entre los atributos físicos y psicológicos. De acuerdo con la ciencia newtoniana la longitud (un atributo físico) de, por ejemplo, una tabla es una propiedad intrínseca de la tabla solo y no variará de acuerdo con el instrumento de medida (la regla o la cinta métrica).

El atributo físico de la longitud de la mesa por lo tanto se puede medir de modo que cualquier incertidumbre (con respecto a la medición) se puede reducir. Además, la probabilidad en la medición puede decirse que es subjetiva, ya que se puede reducir mediante la medición mejorada. Si se tiene en cuenta la mente, por el contrario, la situación es muy diferente: para tomar ejemplo de Wittgenstein, una vez más, para medir el dolor (un atributo psicológico) nos lleva a una confusión considerable. ¿Cómo puede medirse? Wittgenstein propone la hipótesis absurda de un termómetro clínico que se utilizó por primera vez para verificar el dolor antes del tratamiento en lugar de simplemente observar el llanto y los quejidos del paciente (MS 176). Esta medición del dolor es ambas innecesaria y sin sentido. Ter Hark (1990, pp 147-148) también se refiere a la necesaria y no causal "indeterminación" en el Concepto de Wittgenstein del dolor, y señala que la indeterminación no se elimina por la inspección quirúrgica o de una lectura del termómetro, a pesar de que el dolor se ha "medido":

*Por mientras que el concepto del dolor ha determinado ahora en el sentido de que se ha sido medido, la indeterminación en nuestro concepto de dolor no se ha eliminado. No se ha eliminado debido a que la medición de la manipulación del dolor produce un concepto totalmente diferente del dolor de la nuestra. (Ter Hark, 1990, p. 148)*

Como Ter Hark, comenta, medir el dolor con un termómetro es cambiar el propio concepto de dolor, ya que la incertidumbre del atributo psicológico del dolor no puede ser reducido. Mientras que los atributos físicos son intrínseca (la longitud de la tabla es una característica de la tabla en sí), atributos psicológicos son necesariamente de relacional en la naturaleza, de modo que cualquier intento de medir los produce una medición muy diferente (tal como una lectura del termómetro), que es un propiedad conjunta del atributo psicológico y el instrumento de medición. En resumen, los atributos psicológicos son intrínsecamente diferentes de los atributos físicos o mecánicos. Podemos medir la longitud (un atributo físico) de un trozo de madera con certeza, pero no se puede medir el dolor (un atributo psicológico) experimentado por un ser humano con certeza debido a la vaguedad inherente de atributos psicológicos. Como las observaciones de Marie McGinn (2003, p. 89), Wittgenstein quiere que aceptemos la

"vaguedad" de la descripción psicológica como "parte de su esencia" y aceptar que es lógicamente imposible de aislar y medir el interior.

En relación con la educación de la indeterminación de los atributos psicológicos (como la comprensión) no es eliminada mediante una computadora generadora de impresión del procesamiento neural, porque esta forma de medición crea un concepto muy diferente. A la luz de la filosofía de Wittgenstein por lo tanto, podríamos concluir que la neurociencia cognitiva sin duda puede revelar mucho sobre el funcionamiento del cerebro, pero no puede haber una conexión lógica entre los datos de la fMRI y los atributos educativos. La neurociencia cognitiva puede ofrecer imágenes detalladas de las redes neuronales, pero, al igual que un termómetro no mide el dolor, por lo que un escáner cerebral no lógicamente para medir la comprensión: los conceptos involucrados son simplemente diferentes y se mantiene la indeterminación. La neurociencia cognitiva por lo tanto, en el mejor de comprensión que ofrece a los concomitantes neurales del pensamiento, pero no ofrece un acceso privilegiado en el mundo oculto del interior, ese mundo interior es ya de manifiesto en el comportamiento externo. Más que representar una panacea a la educación, la empresa cognitiva neurocientífica en relación a la educación es por lo tanto, necesariamente limitada.

### **Desentrañar la confusión conceptual**

La confusión se pone de relieve en el reciente trabajo de colaboración en los fundamentos filosóficos de la neurociencia por un neurocientífico de la líder, señor Bennett, en asociación con un eminente estudioso de Wittgenstein, el síndrome premenstrual Hacker. Bennett y Hacker (2003) primera cita una serie de neurocientíficos que han atribuido una amplia gama de atributos psicológicos al cerebro, como Crick (1995), Edelman (1994), Blakemore (1977), Young (1978), Damasio (2004), Libet (1985). A la luz de lo que Wittgenstein escribe sobre la separación cartesiana equivocada del interior y exterior, Bennett y Hacker (2003) pregunta si sabemos "lo que es para un cerebro para ver u oír, por un cerebro para tener experiencias, conocer o a creer en algo?" (2003, p. 70), mientras que para los que sabemos lo que es para una persona a la razón o a presentar argumentos, ¿realmente tienen alguna idea de lo que podría significar para un cerebro para hacer esto?

En la justificación del plan de estudios de Irlanda del Norte revisado, por ejemplo, el CCEA (2003a) afirma que, "Ahora sabemos que el cerebro humano crea significado a través de los patrones de percepción y de hacer las conexiones ..." (p. 22, énfasis añadido). Sin embargo, Bennett y Hacker (2003) sostienen que el cerebro no es un tema lógicamente apropiado para atributos psicológicos, y que sólo un ser humano se puede decir que ver o estar ciegos, oír o ser sordo, hacer preguntas o se abstengan de pedir. Por lo tanto, no tiene sentido atribuir atributos psicológicos al cerebro. La combinación resultante de las palabras no es falsa: "y no dice nada en absoluto, ya que carece de sentido" (p. 72) ya los predicados psicológicos son predicados que se aplican esencialmente a los animales vivos conjunto y no a sus partes. Por consiguiente, los autores argumentan que no es el ojo (y mucho menos el cerebro) que ve, sino que vemos con nuestros ojos. Bennett y Hacker se refieren a este error de atribuir a las partes constitutivas de un atributos de los animales que, lógicamente, sólo se aplican a todo el animal como la "falacia mereológica de la neurociencia" (p. 73). Por otra parte, señalan que la actividad del cerebro localizada detectado mediante PET o fMRI no demuestra que el cerebro es pensar, reflexionar o reflexionando: "esto demuestra que

tales y tales partes de la corteza de una persona están activas cuando la persona está pensando, lo que refleja o rumiando "(p. 83). Para saber que la persona está pensando entonces no depende de la imagen computergenerated de la excitación de las células en el cerebro cuando está pensando, sino más bien en criterios de comportamiento tales como la expresión en su cara. Por otra parte, los eventos neuronales que tienen lugar durante el dolor de muelas no son más que fenómenos concomitantes de dolor de muelas sentimiento de la persona. El ser humano, no el cerebro, se siente el dolor. En las Investigaciones filosóficas de Wittgenstein escribe que la sensación de dolor no puede ser atribuida a la parte individual del cuerpo, sino a toda la persona, y por lo tanto un confort a la persona en el dolor, no la parte del cuerpo:

*Pero no es absurdo decir de un cuerpo que tiene dolor?-Y ¿por qué uno se sienta un absurdo en eso? ¿En qué sentido es cierto que mi mano no se siente dolor, pero yo en mi mano?*

*¿Qué tipo de cuestión es: ¿Es el cuerpo que siente dolor-¿Cómo es que es decido? ¿Qué es lo que hace plausible decir que no es el cuerpo?-Y bien, algo como esto: si alguien tiene un dolor en la mano, luego la mano no lo dice (a menos que lo escribe) y uno no se consola la mano, pero la víctima: uno mira a la cara. (Investigaciones filosóficas, § 286)*

Bennett y Hacker (2003) concluyen afirmando que no tiene sentido atribuir a cualquiera de los atributos psicológicos a la mente (cartesianismo) o al cerebro (neurociencia cognitiva). En cambio los atributos psicológicos, debe ser atribuida a la persona como un todo "quien es una unidad psicofísica, no una dualidad de dos sustancias unidas, una mente y un cuerpo" (p. 106). Lejos de desacreditar la investigación neurocientífica, Bennett y Hacker, simplemente argumentan que los neurocientíficos son a menudo culpables de la confusión conceptual en atribuir atributos psicológicos al órgano físico del cerebro. Hacker (. De 1997, p 51) resume perfectamente el punto:

*Los cerebros no tienen opiniones, discusión, hipótesis o conjetura. Somos nosotros los que lo hacen. Para estar seguro, no podría hacerlo si nuestro cerebro fueron destruidos, pero entonces no podría tener dolor de muelas o caminar sin un cerebro bien-pero no es el cerebro que tiene dolor de muelas y se va al dentista. Si uno se pregunta qué se piensa en el tiempo, habría que decir: "Mi cerebro está pensándolo, dale un minuto, y me lo dirá, y luego te diré a ti?" (Hacker, 1997, p. 51)*

Como Bennett y Hacker podría sugerir, más confusión que rodea a la aplicación de la neurociencia a la educación podría ser eliminada por la 'atención a las cuestiones conceptuales "(p. 107). De este modo, los neurocientíficos dejaría de plantear preguntas equivocadas, a idear experimentos erróneas o mal interpretar los resultados y las implicaciones de estos experimentos: "¿Qué hay que decir puede ser dicho claramente, y diciéndolo claramente beneficiarán, no disminuyera, los logros actuales de la neurociencia "(p. 107).

## **Conclusión**

En este trabajo un intento se ha hecho para mostrar la necesidad urgente de lo que Geake (2005) llama un "filtro crítico" con el fin de impedir la falta de desafío de aplicaciones 'científicas' demandas por la educación, ya sea a nivel de metodologías de enseñanza en el aula, o en el nivel más amplio de la reforma curricular. La aplicación es seductora, en muchos aspectos y no hay duda de que la sola mención de la palabra

"neurociencia", añade un barniz de respetabilidad científica a cualquier innovación curricular o un paquete basado en el cerebro. Sin embargo, este trabajo ha puesto de manifiesto no sólo la precaución que se ha expresado en los últimos años dentro de la comunidad neurocientífica en sí, sino también ha puesto de relieve la confusión conceptual más fundamental que a menudo hechiza nuestro pensamiento y que nos anima a la generalización, a la sobre-simplificar o ser víctima de la falacia mereológica en atribuir a las partes constitutivas de los atributos de una persona que, lógicamente, sólo aplica a toda la persona.

Como McGinn (1993, p. 698) señala, la obra de Wittgenstein describe cómo nuestros conceptos erróneos surgen a causa del idioma, y pone de manifiesto 'tanto como nuestro juego de lenguaje nos tienta a las imágenes falsas de lo mental, y el vacío de las imágenes que nos lleva a construir ". En lugar de aceptar la indeterminación fundamental y necesaria de lo mental, Wittgenstein sostiene que sentimos la necesidad de (alguna vez tentado por nuestro lenguaje) para imaginar un reino oculto, interno, que están desesperados por penetrar, revelar y detallar. Durante el tiempo que nos sentimos tentados por el lenguaje, vamos a continuar nuestra vana búsqueda de la certeza de estados mentales internos para determinar la mejor manera de aprender, la mejor manera de enseñar, y (en el caso de Irlanda del Norte) el mejor modelo de plan de estudios. La contribución radical de la filosofía de Wittgenstein a la educación es, sin duda para demostrar que en el centro del problema está el lenguaje. En respuesta a las críticas que la filosofía no ha hecho ningún progreso desde la época de Platón, las respuestas de Wittgenstein:

*La razón es que nuestro lenguaje ha permanecido igual y nos tienta una y otra vez hacia las mismas preguntas. Durante el tiempo que habrá un verbo 'ser', que parece funcionar como "comer" y "beber", durante el tiempo que habrá adjetivos 'idéntico', 'true', 'false' y "es posible, durante el tiempo que se hablará de un pasaje del tiempo y de una extensión de espacio, etc, etc, entonces la gente se estrellará contra las mismas dificultades desconcertantes y otra vez, y van a mirar a algo que no se explicación parece ser capaz de eliminar. (La transcripción Grande, pág. 286)*

Los intentos de resolver los problemas de la educación a través de la neurociencia cognitiva por lo tanto, debe ser visto como un intento de reducir la incertidumbre irreductible de lo mental. Por otra parte, plan de estudios revisado CCEA debe ser visto no tanto como un paso hacia adelante como un paso involuntario en una "espiral del currículum", el resultado de una confusión conceptual.

Es necesario, por último, tener en cuenta los dos posibles escenarios futuros presentados por Geake y Cooper (2003) de una entrevista entre maestros y padres en una escuela primaria donde un padre está discutiendo los resultados de matemáticas pobres alcanzados por su hijo, Chris. En el primer caso el maestro tiene a su disposición un informe de neuroimagen compilado como Chris llevó a cabo sus tareas de evaluación de uso de un auricular de neuroimagen. Los resultados fueron posteriormente analizados estadísticamente por computadora y el informe de los padres y maestros generan. Basándose en este informe generado por ordenador del profesor de la clase identifica relativamente débil de Chris memoria a corto plazo y recomienda un curso de nivelación para fortalecer el circuito correspondiente.

El padre se congratula por las firmes medidas tomadas por el profesor y está impresionado por su "profesionalidad". En el segundo escenario el maestro admite que

un padre frustrado que no sabe cuál es la causa de Chris problema, pero recomienda que el padre va a ver a una agencia externa (cognitiva Services, Inc.) que se especializa en el procesamiento cognitivo. Las palabras del profesor de manera sucinta expresar su falta de confianza en sí misma y en su profesión: "¿Cómo voy a saber qué hacer? Después de todo, yo soy sólo un maestro. No sé lo que está causando el problema "(p. 18). Es la afirmación de Geake y Cooper que el profesionalismo del futuro docente depende de su abrazando la neurociencia cognitiva y en su ofrenda al padre de un análisis detallado del problema y sugerencias para la acción correctiva a partir de imágenes neuronales de procesamiento mental de Chris. A la luz de la confusión conceptual ha señalado anteriormente, este trabajo sostiene, sin embargo, que el maestro es ante todo un educador no es un neurocientífico. Mientras que la neurociencia puede revelar lo que está sucediendo en el cerebro como Chris piensa, las imágenes no es más que un concomitante neural de que el pensamiento, y siempre habrá incertidumbre sobre los procesos educativos porque los atributos educativos o psicológicos son lógicamente irreductible e incierto. La respuesta al problema de Chris por lo tanto, no está en atisbos privilegiados en el funcionamiento de su cerebro, sino más bien en un examen cuidadoso de los hechos tal y como aparecen ante los ojos del maestro en el desempeño del alumno. La habilidad del maestro para ayudar al alumno sobre la base de la experiencia en el aula (en lugar del laboratorio de neurociencia), lo que no necesita ninguna disculpa, sino que puede ser celebrado como el epítome de la profesionalidad.

### **Notas sobre los colaboradores**

Noel Purdy es profesor titular en Stranmillis University College de Belfast, y enseña en la B.Ed. programa de post-primaria. Sus intereses de investigación incluyen los modelos de la mente y la enseñanza de idiomas modernos.

Hugh Morrison es profesora en la Escuela de Educación de la Universidad de Queen, Belfast, y está a cargo de la educación matemática. Sus intereses de investigación incluyen la evaluación y el papel de la medición en educación y psicología.

### **Referencias**

Bennett, M.R. & The Hacker, P.M.S. (2003) Fundamentos filosóficos de la neurociencia (Oxford, Blackwell). Blakemore, C. (1977) Mecánica de la mente (Cambridge, Cambridge University Press). Blakemore, S-J. Y Frith, U. (2005) El cerebro de aprendizaje: lecciones para la educación (Oxford, Blackwell). Bruer, J.T. (1997) Educación y el cerebro: un puente demasiado lejos, investigador de la Educación, 26 (8), 4-16. CCEA (2003a) Las propuestas de planes de estudio y evaluación a las 3 de la etapa clave. Parte 1: fundamentos de fondo y el detalle (Belfast, CCEA). CCEA (2003b) Las propuestas de planes de estudio y evaluación a las 3 de la etapa clave. Parte 2: Documentos de debate y estudios de caso (Belfast, CCEA). CCEA (2006) Respuesta al Dr. Hugh Morrison críticas al plan de estudios revisado y evaluación propuestas, incluyendo el perfil de los alumnos. Disponible en línea en: [www.ccea.org.uk](http://www.ccea.org.uk) (consultado el 18 de junio 2007). Crick, F. (1995) La hipótesis asombrosa (Londres, Touchstone). Damasio, A. (2004) Buscando a Spinoza: alegría, tristeza y sensación de que el cerebro (Londres, Vintage). Edelman, G. (1994) el aire brillante, brillante de fuego sobre el asunto de la mente (Harmondsworth, Penguin). Geake, J. (2005) para la Educación la neurociencia y la educación neurocientífica: en

busca de una mutua la Vía del Medio, de Investigación en Inteligencia: Noticias de la British Educational Research Association, 92, 10-13.

Geake, J. y Cooper, P. (2003) La neurociencia cognitiva: implicaciones para la educación? Westminster Estudios en Educación, 26 (1), 7-20. Goswami, U. (2004) Neurociencia y educación, British Journal of Educational Psychology, 74, 1-14.

Goswami, U. (2006) Neurociencia y educación: de la investigación a la práctica, la revista Nature Reviews Neurociencia, 7, 406-413. Hacker, P.M.S. (1997) de Wittgenstein sobre la naturaleza humana (Londres, Phoenix). Hall, J. (2005) Neurociencia y educación: una revisión de la contribución de la ciencia del cerebro a la enseñanza y aprendizaje (Glasgow, Escocia Consejo de Investigación en Educación).

Libet, B. (1985) la iniciativa inconsciente cerebral y el papel de la voluntad consciente en la acción voluntaria, Comportamiento y Ciencias del Cerebro, 8, 536. McGinn, M. (1993) Revisión de los últimos escritos de Wittgenstein sobre la filosofía de la psicología del volumen 2: El interior y el exterior, la Mente, 102, 408. McGinn, M. (2003) Wittgenstein y las investigaciones filosóficas (Londres, Routledge). Morrison, H. (2006) el aprendizaje basado en el cerebro? Quincena, 440, 9-10. OCDE (2002) La comprensión del cerebro: hacia una nueva ciencia del aprendizaje (París, OCDE). Ter Hark, M. (1990) Más allá del interior y el exterior: la filosofía de Wittgenstein de la psicología (Dordrecht, Kluwer Academic Publishers). Wittgenstein, L. (1967) Zettel (Oxford, Blackwell). Wittgenstein, L. (1992) MS 176 en los últimos escritos sobre la filosofía de la psicología, Volumen II (Oxford, Blackwell).

Wittgenstein, L. (2000) La transcripción grande (Fráncfort del Meno, Zweitausendeins).

Wittgenstein, L. (2003) investigaciones filosóficas, Oxford, Blackwell). Young, J.Z. (1978) Programas del cerebro (Oxford, Oxford University Press).

## Neurociencias y educación: desde investigación a la práctica?

*Usha Goswami*

Resumen | La neurociencia cognitiva está haciendo grandes avances en áreas de gran relevancia a la educación. Sin embargo, hay un abismo entre la ciencia actual y de aplicación directa en el aula. La mayoría de los científicos sostienen que llenar el abismo que es prematuro. Sin embargo, en la actualidad, los profesores se encuentran en el extremo receptor de numerosos paquetes de 'cerebro basado en aprendizaje'. Algunos de ellos contienen cantidades alarmantes de información errónea, sin embargo, estos paquetes están siendo utilizados en muchas escuelas. ¿Qué, en todo caso, pueden hacer los neurocientíficos para ayudar a una buena neurociencia en la educación?

Hay hambre en las escuelas para obtener información sobre el cerebro. Los maestros están dispuestos a cosechar los beneficios del "siglo de la

neurociencia" para sus estudiantes. En los laboratorios neurocientíficos, un progreso considerable se está haciendo en la comprensión del desarrollo neurocognitivo sustentando las habilidades esenciales que sustenta impartido por los educadores, tales como el cálculo y la alfabetización. Este progreso es en gran medida teórico. La corriente del golfo entre la neurociencia y la educación está siendo llenada por paquetes y programas que afirma basarse en la ciencia del cerebro. La velocidad con la que tales paquetes han ganado multitud de adeptos en las escuelas es impresionante. En este artículo se destacan algunos de los omnipresentes neuromitos que han echado raíces en la educación, le da un sabor de la información presentada a los maestros como un hecho neurocientífico y revisiones de los recientes hallazgos de la neurociencia que podría ser relevante para educativo. Asimismo, considera lo que, en todo caso, debemos hacer ahora para influir en el mal uso generalizado de

la ciencia a la educación.

## Cerebro Basado en aprendizaje en las escuelas

En una reciente conferencia celebrada con motivo de la en marcha del Centro para la Neurociencia en la Educación en la Universidad de Cambridge<sup>1</sup>, maestros reportaron haber recibido más de 70 proyecciones al año animándoles a asistir a cursos sobre el cerebro basado en el aprendizaje. Fenómenos similares han sido reportados en otros países<sup>2</sup>. Estos cursos sugirieron, por ejemplo, que los niños deben ser identificados ya sea como "cerebro izquierdo" o "cerebro derecho" alumnos, ya que los individuos "prefiere" una tipo de tratamiento<sup>3</sup>. Los profesores dicen que del lado izquierdo del cerebro domina en el procesamiento del lenguaje, la lógica, fórmulas matemáticas, número, secuencia, la linealidad, el análisis y información sobre los hechos relacionados. Mientras tanto, el cerebro derecho se dice que dominan en la tratamiento de las formas y patrones, la manipulación, el

ritmo, imágenes y fotos, soñar despierto, y las relaciones en el aprendizaje<sup>3</sup>. Los maestros se les recomienda asegurarse de que su práctica en el aula sea de forma automática "equilibrada a la izquierda y lado derecho del cerebro" para evitar un desajuste entre las preferencias del alumno y el aprendizaje de las experiencias<sup>3</sup>. Esto se debe probablemente neuromito a partir de una interpretación demasiado literal de especialización hemisférica.

Otros cursos para los profesores aconseja que estilos de aprendizaje de los niños deben ser identificados ya sea visual, auditiva o cinestésica, y que los niños a continuación, debe llevar una etiqueta distintivo ya sea V, A o K, mientras en la escuela, mostrando su estilo de aprendizaje para el beneficio de todos sus profesores. Otros sostienen que la adopción del cerebro de un paquete comercial "GymR asegura que la educación "verdadera" pasa. Cerebro GimnasioR prescribe una serie de sencillos movimientos<sup>4</sup> del cuerpo "para integrar todas las áreas de el cerebro a la mejora del

aprendizaje ". A los docentes se les dice que "en términos técnicos, la información es recibida por el tronco cerebral como un 'Impress', pero pueden ser inaccesibles al cerebro frontal como una 'express'. Esto ... bloquea al alumno en un síndrome de insuficiencia. Aprendizaje cerebro-entero saca el potencial encerrado en el cuerpo y permite a los estudiantes acceder a esas áreas del cerebro previamente inaccesibles. Las mejoras en el aprendizaje ... son a menudo inmediata ". Incluso se afirma que el niño puede presionar ciertos botones del cerebro en virtud de sus costillas<sup>4</sup> para enfocar el sistema visual para la lectura y la escritura.

Muchos en la educación aceptan tales afirmaciones como estos hechos<sup>5</sup> establecidos. Los científicos ya han alertado a la sociedad a los neuromitos que son dominantes en la educación en los presentes 6-8. Además de que el cerebro izquierdo / cerebro derecho el mito de aprendizaje, neuromitos que se relacionan con períodos críticos para el aprendizaje y la

sinaptogénesis puede ser identificado. El mito periodo crítica sugiere que el cerebro del niño no funcionará correctamente si no recibe la cantidad correcta de estímulo en el tiempo correcto (un análisis profundo es proporcionado por Byrnes<sup>9</sup>). La enseñanza directa de ciertas habilidades debe ocurrir durante el período crítico, o la ventana de oportunidad para educar será perdida. El mito de la sinaptogénesis promueve la idea de que se aprenderá más si la enseñanza se mide el tiempos con períodos de synaptogenesis<sup>7</sup>. Las intervenciones educativas serán más eficaces si los profesores se aseguran de que coincidan con aumentos en la densidad sináptica. Las intervenciones educacionales también han sugerido a veces ser superior, si se animan a la 'neuroplasticidad'<sup>10</sup>, y a los profesores se les dice que los nervios redes pueden ser alterados por 'neuroplasticidad programas de formación'<sup>10</sup>. Los maestros no se dan cuenta de que, aunque podrían ser períodos sensibles para algunas formas de aprendizaje, los efectos de cualquier tipo de programa de



capacitación que el comportamiento de los cambios se verá reflejado en la "reasignación" de las redes neuronales.

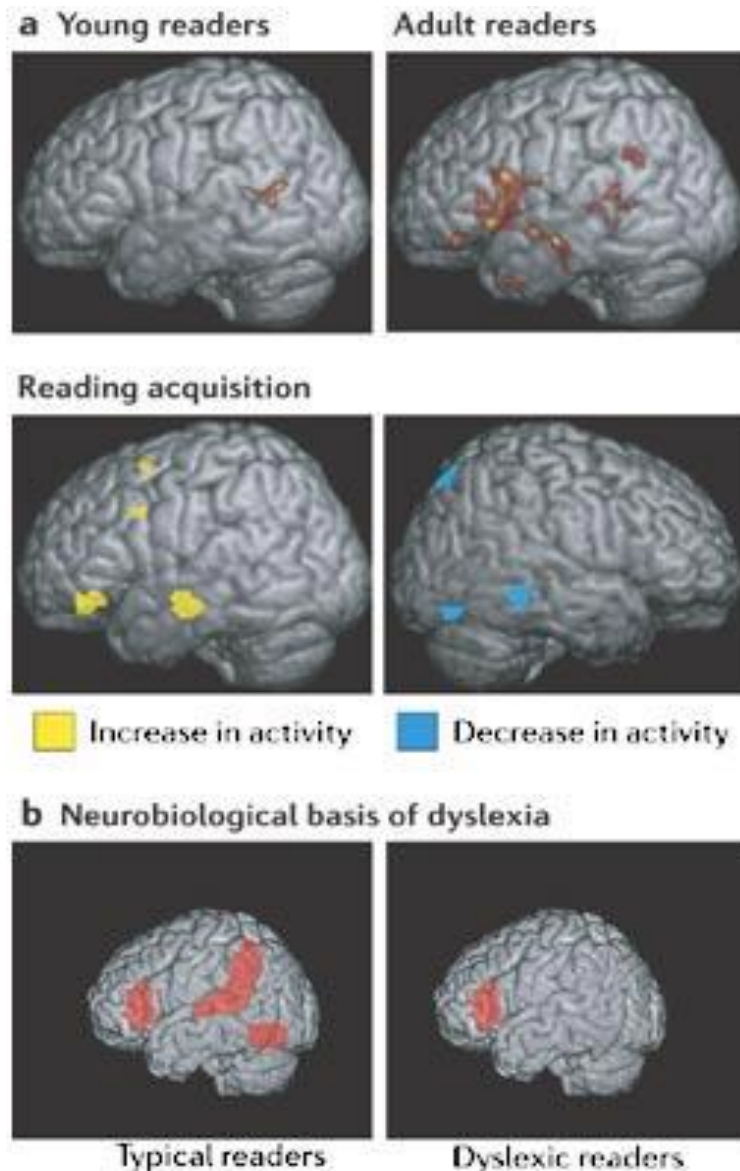
### **Neurociencias en el salón de clases.**

Estos neuromitos deben ser eliminados. El predominio de estos mitos oscurece los importantes avances realizados por la neurociencia cognitiva en áreas relevantes para la educación. Por ejemplo, nuestra comprensión de las bases neurales de las "3Rs": lectura, escritura y aritmética (en inglés read, write y arithmetic)- está creciendo rápidamente. Así es nuestra comprensión de cómo optimizar la capacidad del cerebro para beneficiarse de enseñanza. Buena práctica de la enseñanza puede ser minada por el cerebro a base de factores tales como la ansiedad de aprendizaje, déficit de atención y los pobres reconocimiento de las señales sociales. Todos estos factores alteran la capacidad del individuo para aprender, y también tienen un efecto sobre los demás alumnos en el la misma aula.

*La lectura y dislexia.* Desde el trabajo con adultos, está bien establecido que una red del hemisferio izquierdo- del frontal, temporoparietal y occipitotemporal sustenta regiones de lectura madura<sup>11</sup>. Sin embargo, entre lenguajes estudios de imagen muestran algunas interesantes variaciones. Éstos parecen depender de como la ortografía (el sistema de escritura) de un lenguaje representa la fonología (los sonidos de la lengua). Cuando los alumnos del sistemas de transparencia de escritura (por ejemplo, italiano) son contrastados con los estudiantes de la falta de transparencia (por ejemplo, Inglés) o basadas en caracteres (por ejemplo, chino) sistemas de escritura, áreas del cerebro muy similares son encontrados a estar activos durante la lectura<sup>12, 13</sup>. Sin embargo, los lectores maduros de ortografías transparentes muestran mayor actividad en el plano temporal izquierdo, una región del cerebro involucrada en la conversión de letra-sonido, mientras que los mayores lectores de habla inglesa muestran una mayor

activación de un área conocida como la palabra visual de área de formulario (VWFA) en el región izquierda<sup>12</sup> temporal occipital. Aunque originalmente propuesto como el sustrato de visual reconocimiento de palabra<sup>14, 15</sup>, esta zona neural también se ha propuesto involucrar a la fonología - Por ejemplo, mediante el cómputo de conexiones ortográfica-fonológica<sup>16</sup>. Su mayor activación en Inglés podría reflejar los diversos niveles de la correspondencia ortografía-sonido que son importantes para la decodificación inglés<sup>18</sup> (por ejemplo, leer BOMIC por conversión letra-sonido o por analogía a cómic). Los lectores del chino muestran relativamente mayor participación de áreas visuoespacial, supuestamente para el reconocimiento de caracteres complejos<sup>13</sup>.

Desarrolladamente, se sabe desde estudios de comportamiento que pre-lectores pueden reconocer similitud fonológica (por ejemplo, que riman CAT y el sombrero (HAT en inglés), o un que CAT (gato) y CUP (baso) comparten el primer sonido) se convierten en mejores lectores. Los estudios de



**Figura1 | Áreas del cerebro implicadas en desarrollo típico de la lectura y dislexia medido con MRI funcional. a**

| Las imágenes en el panel superior muestran la confianza desde el principio del superior posterior izquierdo corteza temporal, que se sabe que se involucra con el proceso fonológico, en niños que aprenden a leer, y la participación amplia de sus cortezas parietal izquierdo, temporal y frontal en lectores adultos. Correlación entre actividad cerebral durante la lectura y habilidad para leer (medido en exámenes estandarizados) demuestran Un incremento en el involucramiento del temporal izquierdo y regiones frontales, asociados con la fonología y semántica, mientras la lectura se desarrolla (panel inferior). Activación en el derecho posterior declina en cuanto la lectura es adquirida, la dependencia

presumiblemente, lo que indica una menor dependencia en los sistemas de reconocimiento en formas no léxicas. b |

Resumen de las regiones cerebrales que participan en la lectura y las tareas relacionadas con la lectura en general, los lectores en desarrollo (circunvolución frontal inferior izquierda, a la izquierda temporoparietal izquierda y la corteza temporal inferior corteza) y los lectores con dislexia (inferior izquierda circunvolución frontal solamente). El panel a la reproducción, con el permiso,

del REF. 19 © □ (2003) Macmillan Publishers Ltd. Grupo B cortesía de G. Eden, Centro para el Estudio de la Educación, Georgetown University, Washington, DC, EE.UU.

imagen han confirmado que los lectores jóvenes dependen principalmente de la posterior izquierdo corteza temporal superior, la zona identificada en estudios de adultos como el lugar de decodificación fonológico<sup>19</sup> (figura 1). Actividad en esta región también es modulada

por habilidades fonológicas de los niños. Como se adquieren, la VWFA (que se describe como una "zona de destreza" por el algunos desarrollados neuro científicos<sup>20</sup>) es más comprometida y áreas inicialmente activas en el hemisferio derecho están desactivadas.

Los estudios de los niños con desarrollo mental, dislexia (niños que no logran aprender a leer normalmente a pesar de la inteligencia media y las oportunidades educativas) muestran

que, atípica, la corteza temporoparietal derecha continúa para ser activado durante la lectura<sup>21</sup>. Los niños con dislexia del desarrollo también muestran una activación significativamente menor en los sitios habituales del hemisferio izquierdo. Si la remediación específica es proporcional, por lo general a través de enseñanza intensiva en habilidades fonológicas y en conversaciones letras-sonidos, la actividad en el temporal izquierdo y áreas parietales parece normalizarse<sup>22,23</sup>. Hasta ahora, Sin embargo, los estudios de neuroimagen en el desarrollo han sido a corto plazo y confinadas en su mayoría al inglés. Teóricamente, los estudios motivantes a través de idiomas son ahora requeridos<sup>24</sup>.

Estos estudios de imagen en el desarrollo demuestran que podemos comenzar a precisar los sistemas neuronales responsables de la adquisición de habilidades de lectura, y que podemos remediar ineficiencias en estos sistemas. Sin embargo, por ahora, estos estudios no le dice a los profesores "lo que funciona" en el aula. La

mayoría de los estudios de capacitación han usado intervenciones ya conocidos de ser exitosas desde investigación educativa, y han simplemente documentado que los cambios neurales en las áreas esperados acompañar cambios de comportamiento<sup>22,23</sup>. Hasta el momento, la neuroimagen nos dice poco más, pero el potencial está ahí. Por ejemplo, imágenes proporcionan la posibilidad de identificar los índices neurales de posibles dificultades de un niño, los cuales pueden estar ocultos de anteriormente en la vista del desarrollo.

Podemos tratar de identificar los marcadores neuronales para sensibilidad fonológica, como las respuestas del cerebro a las señales auditivas para el ritmo<sup>25</sup>, para identificar quién está en riesgo de posteriores dificultades de lectura. Alternativamente, podemos buscar marcadores de lenguaje en general para dislexia<sup>26</sup>. En ambos casos, temprana identificación de niños con habilidades pobres permitiría la intervenciones de lenguaje para prevenir la dislexia mucho antes

de que la escolarización<sup>27</sup>.

Los estudios también podrían estar diseñados para probar neural hipótesis. Por ejemplo, una teoría cognitiva popular del desarrollo de la dislexia propone un déficit cerebelar<sup>28</sup>. Un comercial ejercicio basado en programa de tratamiento, la DDAT (Atención dislexia displasia El tratamiento del déficit)<sup>29</sup>, tiene por objeto remediar las dificultades del cerebelo. Los niños son animados para practicar las habilidades motoras, tales como la captura de bolsas de frijolitos (beanbags) mientras está de pie sobre una pierna en un cojín. Esto se afirma que se benefician de la lectura. Los estudios de imagen podría medir en los nervios cambios que ocurren en respuesta a tal remediación, para ver si los cambios permanentes en las áreas neurales para la lectura están involucrados (esto parece poco probable - los efectos encontrados para la lectura son, probablemente, efectos del placebo a corto plazo).

#### *Número y discalculia.*

Los avances en la comprensión de los fundamentos de la

aritmética han sido rápidos desde la propuesta de que el cerebro humano ha dedicado circuitos para el reconocimiento de numerosidad<sup>30</sup>. Este "sentido numérico" depende de la capacidad de áreas parietal, prefrontal y cingulado, con el segmento horizontal del surco intraparietal bilaterales (HIPS) jugando un papel central en la representación básica y la manipulación de cantidad<sup>31</sup>. En sencillas paradigmas, en el que los participantes tienen para decidir si, por ejemplo, 3 es mayor que 5, el HIPS puede ser la única región contratada específicamente. La actividad en los HIPS es modulada por la distancia semántica entre los números y por el tamaño de los numeros<sup>32</sup>. Otras operaciones aritméticas son más dependientes en la recuperación de hechos basados en el lenguaje, tales como la simple multiplicación, que activa la circunvolución angular<sup>33</sup>.

Algunas operaciones aritméticas dependen de la salud mental "número de línea". Esta es una aparentemente representación espacial mental universal de número, en el que

números menores son representados en el lado izquierdo del espacio y números mayores están representados en la derecha<sup>34</sup>. Las interacciones entre las reveló numérico y el espacio en la corteza parietal han sido particularmente interesante. Respuestas manuales a un gran número son más rápidas cuando la respuesta está en el lado derecho del espacio, y viceversa para los más pequeños numeros<sup>35</sup>.

En las tareas de bisección de líneas, en el que los participantes tienen que estimar el punto central de una línea horizontal, la estimación del punto medio de forma sistemática se desvía hacia la izquierda si la línea se compone de doses (222.222.222 ...) y hacia la derecha si la línea se compone de nueves (999999999 ...)<sup>36</sup>. Los números de forma automática sesgan atención. Los pacientes con negligencia visual, un trastorno de atención espacial la después de un daño parietal derecho, sistemáticamente descuida el lado izquierdo del espacio. Estos pacientes muestran un sesgo hacia la línea derecha en las

tareas de bisección. Este sesgo hacia la derecha fue aún encontrado para la estimación por vía oral (por ejemplo, cuando se les pedían expresar el punto medio numérico de 2 y 6, los pacientes tendían a dar respuestas como 5)<sup>37</sup>. Por lo tanto, manipulaciones numéricas parece depender crucialmente de representaciones intactas espacial, de hecho, los adultos ciegos que adquieren los números espacialmente muestran lo efectos normales de distancia parietal<sup>38</sup>.

Hasta ahora, los hallazgos de neuroimagen para adultos y estudios neuropsicológicos permanecen ser aplicados a la comprensión matemática desarrollada en niños. Un importante electroencefalograma (EEG) demostró que cuando los de 5 años de edad realizan la tarea de número de comparación ("es 4 mayor o menor que 5? ") muestran efectos similares a electrodos en la corteza parietal en la edad adulta, con latancias<sup>39</sup> similares (Fig. 2). Sin embargo, reacción datos de tiempo demostró que los niños eran tres veces más lentos para organizar la pulsación

de una tecla respuesta. Este experimento de imágenes plantea la posibilidad de que neurológicamente, los niños pequeños pueden extraer información numérica tan rápido como adultos. La adquisición lenta de habilidades de cálculo en los años de la primaria podría, por tanto, reflejar las dificultades en la comprensión de notación aritmética y valor de lugar, en vez de dificultades en la comprensión de la relación entre los dígitos y las cantidades. Estudios neuroimagen nos pueden ayudar a investigar esta posibilidad. También de interés para los profesores es la evidencia para la línea mental numérica espacial. En la actualidad, hay varios modelos en las escuelas para enseñar a los niños conocimiento ordinal de números - Que los números vienen en una escala ordenada de magnitud. El hallazgo de que el cerebro tiene un modo preferido de representación sugiere que los maestros deben construir este sistema espacial cuando enseñen ordinalidad y valor de lugar - Por ejemplo, a través de herramientas de enseñanza tales

como 'el número de línea vacía'<sup>40, 41</sup>.

Desarrollo discalculia se produce cuando un niño experimenta inesperada dificultad en el aprendizaje aritmético en ausencia del retraso mental a pesar de una educación adecuada y de entorno social<sup>42</sup>. Una posible explicación neuronal es que el sistema cantidad núcleo en los HIPS se ha desarrollado anormalmente. Esta posibilidad fue investigada por una resonancia magnética funcional (fMRI) de niñas con síndrome de Turner<sup>43</sup>, que suelen presentar déficit visuoespacial y procesamiento numérico<sup>44</sup>. Morfometría sulcal utilizando las nuevas técnicas<sup>45</sup> reveló que el intraparietal derecho patrón sulcal de la mayoría de los pacientes con el síndrome de Turner mostró ramificación aberrante, interrupción anormal y / u orientación inusual<sup>43</sup>. Se sugirió que esta desorganización anatómica podría explicar las alteraciones visuoespaciales y la aritmética encontrado conductualmente. Un estudio de muy bajo peso al nacer en niños con dificultades

aritméticas se encontró la reducción en materia gris del surco izquierdo intraparietal<sup>46</sup>. Los estudios de control ahora son requeridos para determinar si los surcos parietales son anormales en otros síndromes de desarrollo mentales que no se presenten con las dificultades aritméticas. Si las anomalías parietales caracterizan solo a los niños que presentan problemas aritméticos, esto implicaría una relación directa entre el cerebro y el comportamiento. Los niños sin aparente síndromes de desarrollo mental que presenten inusualmente con pobre número de procesamiento en el aula entonces tendrían que ser evaluados por daños parietales.

*La atención, la emoción y la cognición social.*

Los cortos períodos de atención de algunos niños plantean problemas continuos de sus maestros. Los niños con déficit de atención / hiperactividad (TDAH) son particularmente difíciles para educar, como son desatentos e impulsivos, cruzando el salón de clases en lugar de centrarse en su trabajo. Por supuesto, todos los niños jóvenes experimentan algunas dificultades en mantener

la atención e impulsos de inhibición. ¿Quizá entrenamiento de atención podría beneficiar a todos los prescolares<sup>47</sup>, llevando ventajas a la educación?

Un estudio de imágenes cerebrales recientes afirmó que 5 días de entrenamiento de atención significativamente mejoró el rendimiento en las pruebas de inteligencia en niños de 4 y 6 años de edad<sup>48</sup>. A los niños se les dio ejercicios de entrenamiento para mejorar la discriminación de estímulos, la anticipación y resolución de conflictos. Por ejemplo, aprendieron a darle seguimiento a un gato d animados en una pantalla de computadora usando un joystick, al anticipar el movimiento de un pato a través de un estanque moviendo el gato hacia donde el pato debe surgir, y para seleccionar el más grande de los dos conjuntos de cifras cuando el conflicto era introducido mediante el uso de pequeños dígitos para representar la matriz más grande. La atención se puso a prueba antes de y después de los ejercicios de entrenamiento

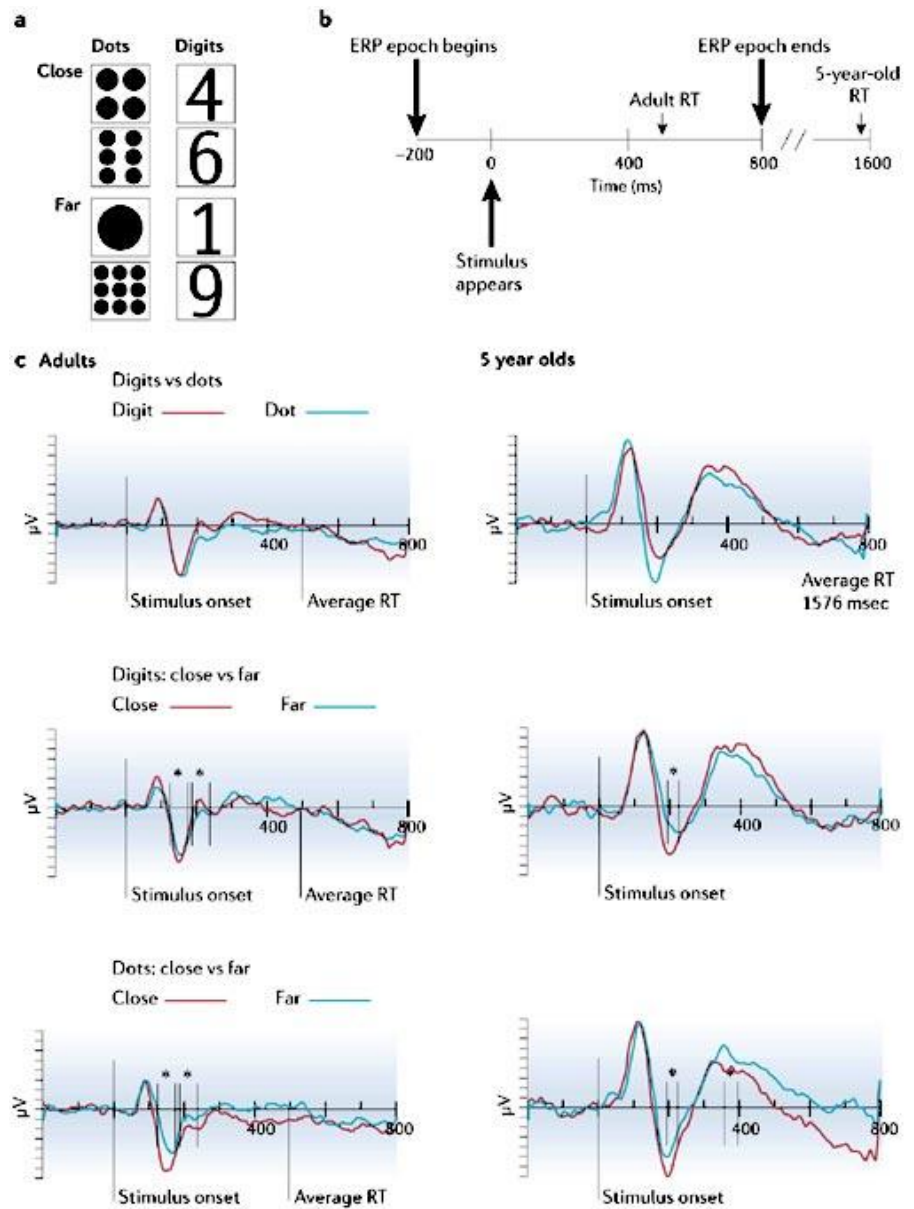
pidiéndoles a los niños que pulsen una tecla de computadora para indicar que la dirección el pescado central en una fila de los cinco peces estaba enfrente de ellos. Antes del entrenamiento, los niños también se les dio una prueba de inteligencia, y la misma prueba se repitió después de 5 días de entrenamiento (que en sí mismo sería mejorar el rendimiento, debido a la familiaridad del artículo). Los niños del grupo control, ya sea que recibieran las pruebas de atención y las de inteligencia, o sólo asistieron al laboratorio para cinco sesiones de ver los videos populares. No entrenamiento de comparación en computadora con los dibujos animados de animales se proporcionó para entrenar el control de habilidades, tales como la memoria. Aun así, entrenamiento de la atención no mejoró el desempeño en la atención. En su lugar, un efecto de entrenamiento de la atención se encontró para una de las pruebas de inteligencia. Las puntuaciones en el subexamen de matrices mejoraron por una significativa puntos de 6.5 para solo los entrenados de 4 años de edad. Datos de EEG

fueron recopilados para determinar si el conflicto neuronal relacionado con los efectos de atención conocidos por los adultos que se encontrarían en los niños entrenados. El efecto buscado fue una mayor negatividad frontal por incongruente ensayos en los electrodos frontoparietal, particularmente en Cz. A pesar de la falta de efectos sobre la conducta, un efecto electro fisiológico se encontró en los capacitados 6 años de edad en el objetivo electrodo (Cz). Para los entrenados de 4 años de edad, un "indicio de un efecto" se encontró en diferentes electrodos frontales (Fz). A partir de estos resultados electrodo singulares, se argumentó que la red de atención ejecutiva puede estar influenciada por las intervenciones educativas durante el desarrollo. Sin embargo, como la intervención de atención no afectó el desempeño de los niños en las tareas de atención, se necesita más investigación para apoyar esta conclusión. Curiosamente, los autores ofrecen su programa de capacitación gratuita a través de la Organización para la

Cooperación Económica y el desarrollo, permitiendo a otros científicos probar su eficacia. Esto es para ser altamente de elogio.

Los sustratos neuronales para el emocional procesamiento están cada vez mejor conocidos. Por ejemplo, la amígdala se sabe que es importante para la interpretación de problemas emocionales

**Figura 2 | Registros electrofisiológicos de la actividad durante las tareas de procesamiento de números en niños y adultos.** a | A los participantes se les mostraron unos números, representados ya sea por puntos o dígitos, y se les requirió que pulsaran una tecla de respuesta con la mano izquierda si los números eran menor que 5, o con su mano derecha si el número era mayor que 5. En los adultos, el hallazgo típico en estas pruebas es que las respuestas son más rápidas cuando los números son distantes (por ejemplo, 9 ó 1) en lugar de cercanos (6 o 4) a 5, esto se le llama el efecto de distancia. Los datos del comportamiento indican efectos de distancia,



Copyright © 2006 Nature Publishing Group  
Nature Reviews | Neuroscience

tanto en adultos como en niños en esta tarea. b | Una representación esquemática del evento relacionados con el procedimiento potencial (ERP). La grabación de la actividad cerebral inicio con 200 ms antes y terminó 800 ms después del estímulo. Dentro de esta época de grabación, cambios del

voltaje asociados con el efecto de distancia del comportamiento de los adultos y los niños fueron encontrados en similares sitios electrodos parietales. Sin embargo, el esquema muestra que la respuesta de pulsación de tecla requerida ~ 500 ms para los adultos, pero ~ 1600 ms

para los niños. Mientras que los números parecen ser reconocidos en similares latencias de los niños y adultos, organización de la respuesta necesaria toma mucho más tiempo para los niños .c / Representante del canal posterior (91) la comparación de los ERP en adultos y niños de 5 años de edad para el número comparación de tareas. El eje X es en milisegundos y corresponde con una época 1-s del electroencefalograma registra (EEG, 200 de base ms, 800 ms post estímulo). El panel superior, los efectos de notación (cifras en comparación con puntos). Los dos grupos de edad muestran los componentes iniciales cualitativamente similares (P1, N1 y P2P), con sólo retrasó ligeramente los picos en los 5 años de edad. Panel central, el efecto de ERP a distancia para los dígitos en ambos grupos de edad. El panel inferior, el efecto de ERP a distancia a los puntos en ambos grupos de edad. Las diferencias significativas asociadas con la distancia se iniciaron en los niños de 50 ms después que los adultos a pesar de tener hijos los tiempos de reacción (TR), que

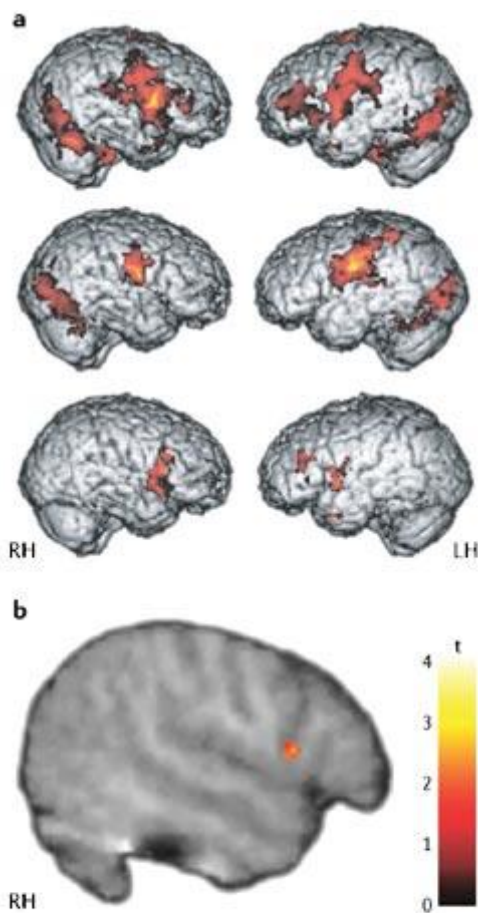
fueron > 1.000 ms largo. Asterisco indica diferencias significativas con una  $p < 0,5$ . Modificado, con permiso de REF. © 39 (1998) de la Academia Nacional de Ciencias.

y las señales sociales, en particular el de la cara y los ojos<sup>49</sup>. En adultos, el grado de activación de la amígdala está particularmente correlacionado con la intensidad de las expresiones faciales del miedo<sup>49</sup>. También los niños, muestran actividad de la amígdala a las expresiones del miedo y los niños con el autismo (que han deteriorado la cognición social) ha aumentado significativamente el volumen del amígdala<sup>50</sup>. El sistema anatómico involucrado en el procesamiento del miedo podría ser anormal desde una edad temprana en el autismo, como fue sugerido por un reciente estudio EEG con niños de 3 años de edad<sup>51</sup>. El sistema de espejo de neuronas en el frontal inferior girus también está implicado en la comprensión de los estados emocionales de otros<sup>52</sup>. Los resultados de un estudio reciente IRMf mostraron ninguna actividad en esta área en

los niños con autismo, en comparación con niños de desarrollo típico en la imitación de expresiones<sup>53</sup> emocionales (figura 3). Las neuronas espejo parecen mediar nuestra comprensión de estados emocionales a través de la imitación, permitiendo la traducción de un observada acción (como una expresión facial) en su internamente se sentido de significia<sup>52</sup> emocional. Esta traducción parece estar ausente en el autismo.

Investigaciones como esta nos permite estudiar las bases neuronales de procesamiento emocional en los niños en general en escuelas de enseñanza. Por ejemplo, los niños expuestos al abuso severo y físico en el hogar parecen procesar las emociones de manera diferente de otros niños<sup>54</sup>. En la infancia más tarde, también tienen más probabilidades a tener trastornos de la conducta que los hacen difícil enseñar<sup>55</sup>. Estos niños son propensos a un sesgo de atribución de la ira, que tienden a (mal) atribuir la ira a las acciones y declaraciones de otros<sup>54</sup>. Hasta el momento, poco trabajo de neuroimagen





Copyright © 2006 Nature Publishing Group  
Nature Reviews | Neuroscience

**Figura 3 / La actividad neuronal durante la imitación y la observación de las expresiones emocionales de niños con desarrollo típico y niños con trastornos del espectro autista. a / Muestran la activación cerebral registrada durante la imitación de las expresiones emocionales. La actividad en el plano bilateral pars opercularis (más fuerte en la derecha) de la circunvolución frontal inferior se ve en el desarrollo típicamente**

*grupo (panel superior), pero no en el grupo con trastornos del espectro autista (ASD, panel central). Una comparación entre los grupos (panel inferior) reveló que esta diferencia es significativa ( $t > 1,83$ ;  $p < 0,05$ , corregido para comparaciones múltiples el nivel de clúster). RH, el hemisferio derecho, la LH, a la izquierda hemisferio. b / La actividad de la neurona espejo sistema durante la*

*observación de expresiones emocionales<sup>53</sup>. El derecho mostró opercularis pars una actividad significativamente mayor en el desarrollo normal de niños que en los niños con TEA ( $t > 1,83$ ;  $p < 0,05$ , pequeño volumen corregido). reproducido, con autorización, del REF. © 53 (2006) Macmillan Publishers Ltd.*

se ha hecho con esos niños. Si el desarrollo cerebral atípico se encuentra, y si los

programas de formación pueden ser diseñados para mejorar la lectura de estos niños de señales sociales, esto sería de beneficio para la educación. Ya sabemos que podría ser posible enseñar a los niños con autismo a "leer" las emociones en cierta grado<sup>56</sup>. Intervenciones óptimas para otros grupos de niños también podrían ser diseñados, con datos de imágenes que ayuden a identificar las redes del cerebro que se deben dirigir.

Una lógica similar se aplica al aprendizaje de la ansiedad. Los estudios de neuroimagen de los trastornos de ansiedad en los adultos se centran sobre todo sobre los cambios estructurales y funcionales en la corteza orbitofrontal (OFC) y los lóbulos temporales, incluyendo el amígdala<sup>57</sup>. Los trastornos de ansiedad son conocidos por aumentar después de una lesión cerebral traumática (LCT). Un estudio de neuroimagen en los niños de 4-19 años con TEC grave mostró que los niños con más daños en la corteza orbitofrontal eran menos probables de desarrollar desordenes de ansiedad<sup>58</sup>. Los autores

sugieren que un desequilibrio en la OFC-la conexión amígdala podría influir en la expresión de la ansiedad, y señaló que en los primates no humanos estas conexiones comienzan a desarrollarse durante la gestación. Los trastornos de ansiedad pueden ser tratados, y la neuroimagen en adultos sugiere que algunos tratamientos beneficiosos tiene como objetivo la amígdala<sup>59</sup>. Al igual que en los adultos, la ansiedad en los niños parece afectar a los sistemas de atención, llevando a los niños a selectivamente cambiar la atención hacia una amenaza de estímulo<sup>60</sup>. De nuevo, podría ser posible para diseñar las intervenciones tempranas para estos niños, y usar neuroimagen para identificar que tiene más probabilidades de beneficiarse.

### **¿Se puede salvar el abismo?**

A la espera de esos acontecimientos, podemos salvar el abismo entre la neurociencia y la educación al hablar directamente a los maestros, y dejando a un lado los intermediarios de la industria del cerebro

basado en el aprendizaje? Estamos tratando de hacer esto en el Reino Unido en nuestras series de seminarios, y a través de la Mente Internacional del Cerebro, y Educación sociedad<sup>1, 61</sup>. Por ejemplo, en el Cambridge conferencia, los neurocientíficos destacados trabajando con áreas como la alfabetización, el cálculo, el coeficiente intelectual, el aprendizaje, la cognición social y el TDAH se dirigió directamente a los maestros sobre la evidencia científica que están recopilando en los laboratorios científicos. Los maestros estaban asombrados por lo poco que se conoce. Aunque había un entusiasmo y apreciación por obtener información de primera mano, este fue junto con la frustración por la audiencia que muchos de los programas basados en el cerebro en la actualidad en las escuelas no tenían ninguna base científica. La frustración surgió debido a que los neurocientíficos no estaban diciendo a los profesores "lo que funciona en su lugar". Un delegado dijo que la conferencia les dejó a "Los maestros la sensación [que] tenían

mucho despojado de ellos y nada puesto en [su] lugar". Otro comentó que "Los maestros de clase se tomaran nuevas iniciativas, si son vendidos en beneficio para los niños. En última instancia aquí es donde los cerebros viven".

Este último comentario sin duda ofrece una penetración en el éxito de la industria del cerebro basado en el aprendizaje. Comercialización de inspiración asegura que los maestros que asisten a estas conferencias si se 'vende' en los supuestos beneficios de estos programas para el los niños ellos enseñan. Debido a los efectos placebo, estos programas pueden de hecho aportar beneficios a los niños en el corto plazo. Sin embargo, este tipo de programas son poco probable que produzcan beneficios en el largo plazo, y tantos naturalmente, caen en desuso (un maestro comentó: "Ya no hacen a los niños llevar sus tarjetas de VAK "). La pregunta para la sociedad es, ¿deberían hacer algo los neurocientíficos acerca de este mal uso de la ciencia? Después de todo, cada uno de estos programas tiene una

vida natural, y luego se irá. Sólo los resultados para el aula que se basa realmente en neurociencia perdurará. Así que ¿debemos hacer algo ahora?

Por lo menos dos lecciones para la ciencia y la sociedad han surgido de los esfuerzos para reunir a la neurociencia y la educación<sup>1, 62, 63</sup>. La primera es la buena voluntad inmensa que los maestros y los educadores tienen por la neurociencia - están muy interesados en la neurociencia, se sienten que tenemos el potencial para hacer importantes descubrimientos sobre el aprendizaje humano, y ellos están ansiosos por aprender acerca de estos descubrimientos y por aportar ideas y sugerencias. Muchos maestros al asistir a estas conferencias han encontrado una experiencia intelectual estimulante. La segunda lección es que los neurocientíficos no pueden ser esos mejores condicionados para comunicarse con los maestros en ninguna manera sostenida. Los científicos son vistos como demasiado preocupados por establecer el rigor de sus manipulaciones experimentales, y de

proporcionar demasiados datos. La mayoría de los profesores prefieren los mensajes generales con un 'panorama en general', y decir "lo que funciona". Los neurocientíficos no son necesariamente dotados para la comunicación con la sociedad en general, y son la debida precaución sobre diciendo sobre que algo "funciona".

Puede ser de mayor utilidad para la sociedad si nosotros como científicos fomentáramos y apoyáramos una red de comunicadores de nuestra investigación - personas que pueden reducir la corriente del Golfo entre la ciencia y la educación proporcionando alta calidad en conocimiento en forma digerible. Estos comunicadores podría funcionar de una manera similar a los funcionarios de información de organizaciones médicas de beneficencia, pero, en este caso, explicar los avances la neurociencia significan para el niño en el salón de clases. Ideales comunicadores serían ex-científicos con un interés en la educación, tal vez unida a las universidades o a

departamentos nacionales de educación.

Se podría cumplir una doble función: la interpretación de neurociencia desde la perspectiva de y en el lenguaje de los educadores, y realimentándose de las preguntas de investigación y las ideas de los educadores a los neurocientíficos. En mi opinión, no debemos permanecer en silencio cuando afirma que nosotros sabemos que es espuria se hacen, como por ejemplo que los niños puedan organizarse para lectura y la escritura presionando los "botones" de su cerebro. No obstante, podría, en última instancia, ser de mayor valor para la sociedad si la autonomía empoderamos nuestros propios intermediarios, comunicadores que saben a quién consultar para asesoramiento especializado sobre las últimas afirmaciones de la industria del cerebro basado en el aprendizaje, y que están claramente trabajando en el interés público y sin fines lucrativo. Una red de tales comunicadores nos serviría a todos nosotros (y a nuestros hijos), y prevendría que la

sociedad vierta  
preciosos recursos  
educativos en  
aplicaciones espurias  
científicas.

Usha Goswami esta en el Centro para la Neurociencia en la Educación de la Universidad de Cambridge, 184 Hills Road, Cambridge CB2 2PQ, Reino Unido. e-mail: ucg10@cam.ac.uk doi: 10.1038/nrn1907 Publicado en Internet el 10 de abril 2006 1. Investigación Consejo Económico y Social y la Enseñanza Programa de Aprendizaje Permanente de Investigación (CERS TLRP) Seminario serie. Marcos de colaboración para la Neurociencia y Educación. [en línea], <www.tlrp.org> Educación y la investigación del cerebro: Neurociencia, la Enseñanza y El aprendizaje de la conferencia. 25-27 julio, 2005, Facultad de Educación de la Universidad de Cambridge, Reino Unido. 2. Stern, Pedagogía E. cumple con la neurociencia. *Ciencia* 310, 745 (2005). 3. Smith, A. Aprendizaje Acelerado en el Aula (Red de Educación Press Ltd, Bodmin, Reino Unido, 1996). 4. Cohen, I. & Goldsmith, M. Hands On: Cómo utilizar Cerebro GymR en el Aula (manos en los libros, el Mar Point, Sudáfrica, 2000). 5. Hoffman, E. introducir a los niños a su increíble Cerebros (LTL Books Ltd, Middlewich, Reino Unido, 2002). 6. Organización para la Cooperación y el Desarrollo. La comprensión del cerebro: Hacia una Nuevo aprendizaje de las ciencias (2002). 7. Bruer, JT Educación y el cerebro: un puente demasiado lejos. *Educ. Res.* 26, 4-16 (1997). 8. Blakemore, S. J. y Frith,

U. El segundo libro: Lecciones para la Educación (Blackwell, Oxford, Reino Unido, 2005). 9. Byrnes, Mentas, cerebros y JP Aprendizaje (Guilford Press, Nueva York, 2001). 10. Tallal, p Mejora de la lengua y la alfabetización es una cuestión de tiempo. *Naturaleza Rev. Neurosci.* 5, 721-728 (2004). 11. Fiez, JA y Petersen, los estudios de neuroimagen de la SE lectura de palabras. *Proc. Natl Acad. Ciencia. EE.UU.* 95, 914-921 (1998). 12. Paulesu, E. et al. La dislexia: la diversidad cultural y unidad biológica. *Ciencia* 291, 2165-2167 (2001). 13. Siok, WT, Perfetti, CA, Jin, Z. y tostado, LH Biológica anormalidad de lectura deteriorada está limitada por cultura. *Naturaleza* 431, 71-76 (2004). 14. Cohen, L. & Dehaene, S. de especialización dentro de la corriente ventral: el caso de la zona de la palabra forma visual. *Neuroimagen* 22, 466-476 (2004). 15. Dehaene, S. et al. El código neural de las palabras escritas: una propuesta. *Tendencias Cogn. Ciencia.* 9, 335-341 (2005). 16. Precio, C. J. et al. La localización cortical de lo visual y auditivas áreas palabra del formulario: una reconsideración de la evidencia. *Cerebro Lang.* 86, 272-286 (2003). 17. Goswami, U. & Ziegler, J. C. Un desarrollo punto de vista sobre el código neural de las palabras escritas. *Tendencias Cogn. Ciencia.* (en prensa). 18. Ziegler, J. & Goswami, la adquisición de U. de lectura, dislexia del desarrollo, y la lectura a través de expertos lenguas: una teoría psicolingüística de tamaño de grano. *Psychol. Bull.* 131, 3-29 (2005). 19. Turkeltaub, P., Gareau, L.,

Flores, DL, Zeffiro, TA Y Eden, GF Desarrollo de los mecanismos neuronales para el lectura. *Naturaleza Neurosci.* 6, 767-773 (2003). 20. Pugh, K. R. et al. Los estudios neurobiológicos de la lectura y la lectura de la discapacidad. *J. Commun. Disorders.* 34, 479-492 (2001). 21. Shaywitz, B. A. et al. La interrupción del cerebro posterior sistemas de lectura en los niños con discapacidades del desarrollo la dislexia. *Biol. Psiquiatría* 52, 101-110 (2002). 22. Temple, E. et al. Déficit observados en los niños con dislexia, mejorado por la remediación del comportamiento: las pruebas de resonancia magnética funcional. *Proc. Natl Acad. Ciencia. EE.UU.* 100, 2860-2865 (2003). 23. Simos, P. G. et al. La dislexia específica de activación cerebral Perfil vuelve a la normalidad siguiente éxito correctivas entrenamiento. *Neurología* 58, 1203-1213 (2002). 24. Ziegler, J. C. & Goswami, U. sean alfabetizados enidiomas diferentes: problemas similares, diferentes soluciones. *Prog. Ciencia.* (En prensa). 25. Goswami, U. de la Mente, Cerebro y Educación (Eds Fischer, K. & Batro, A.) (Academia Pontificia de las Ciencias de Roma, en la prensa). 26. Molfese, D. Predicción de la dislexia a los 8 años de edad conrespuestas neonatales cerebrales. *Cerebro Lang.* 72, 238-245(2000). 27. Goswami, U. de Neurociencia y Educación. *Brit.J. Educ. Psychol.* 74, 1-14 (2004). 28. Nicolson, R. I. y Fawcett, A. J. Desarrollola dislexia: el papel del cerebelo. *La dislexia* 5, 155-177 (1999). 29. Reynolds, D., Nicolson, Rhode Island y

- Hambly, H. Evaluación de un tratamiento basado en el ejercicio para niños con dificultades de lectura. *La dislexia* 9, 48-71 (2003).30. Dehaene, S. El Sentido de los Números (Oxford University Press, Nueva York, 1997).31. Dehaene, S., Molko, N., Cohen, L. & Wilson, A. J. Aritmética y el cerebro. *Curr. Opin. Neurobiol.* 14, 218-224 (2004).32. Pinel, P., Dehaene, S., Riviere, D. y LeBihan, D. La modulación de la activación parietal por la distancia semántica en una tarea de comparación número. *Neuroimagen* 14, 1013-1026 (2001).33. Dehaene, S., de la Plaza, M., Pinel, P. y Cohen, L. Tres circuitos parietales para el procesamiento de números. *Cogn. Neuropsychol.* 20, 487-506 (2003).34. Dehaene, S. y Cohen, L. Hacia una anatomía y modelo funcional de procesamiento numérico. *Matemáticas. Cogn.* 1, 83-120 (1995).35. Dehaene, S., Bossini, S. y Giraux, P. La mental representación de la paridad y la magnitud numérica. *J. Exp. Psychol. Génesis* 122, 371-396 (1993).36. Hubbard, EM, de la Plaza, M., Pinel, P. y Dehaene, S. Las interacciones entre el número y el espacio en el parietal corteza. *Naturaleza Rev. Neurosci.* 6, 435-448 (2005).37. Zorzi, M., Priftis, K. & Umiltà, M., Priftis, K. & Umiltà, M., daño cerebral C: descuidar interrumpe la línea mental numérica. *Naturaleza* 417, 138-139 (2002).38. Szucs, D. y Csépe, V. El efecto parietal distancia aparece tanto en la ceguera congénita y emparejar controles de visión de futuro en una comparación de número de acústica tarea. *Neurosci. Lett.* 384, 11-16 (2005).39. Templo, E. & Posner, M. mecanismos cerebrales I. de cantidad son similares en los 5 años de edad, los niños y adultos. *Proc. Natl Acad. Ciencia. EE.UU.* 95, 7836-7841 (1998). 40. Bramald, R. Introducción a la recta numérica vacía: el Enfoque holandés a la enseñanza de las habilidades numéricas. *Educación* 13.03 28, 5-12 (2000). PERSPECTIVAS NATURALEZA 41. Griffin, SA, Caso, R. & Siegler, RS en el aula Lecciones: Integración de Teoría Cognitiva (ed. McGilly, K.) 25-50 (MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1995).42. KOSC, L. Desarrollo discalculia. *J. Aprender. Invalidez.* 7, 46-59 (1974).43. Molko, N. et al. Las alteraciones funcionales y estructurales del surco intraparietal en un desarrollo discalculia de origen genético. *Neurona* 40, 847-858 (2003).44. Ross, J., Zinn, A. y McCauley, E. del desarrollo neurológico y los aspectos psicosociales del síndrome de Turner. *Ment. Retard. Prog. Invalidez. Res.* Apocalipsis 6, 135-141 (2000).45. Riviere, D. et al. El reconocimiento automático de los surcos corticales del cerebro humano con una congregación de los nervios las redes. *Med. Imagen anal.* 6, 77-92 (2002).46. Isaacs, EB, Edmonds, CJ, Lucas, A. y Gadian, la Dirección General de Las dificultades de cálculo en niños de muy bajo peso al nacer: un correlato neuronal. *Cerebro* 124, 1701-1707 (2001).47. Posner, M. I y Rothbart, el señor K. Influencia en el cerebro redes: implicaciones para la educación. *Tendencias Cogn. Ciencia.* 9, 99-103 (2005).48. Rueda, M. R., Rothbart, el señor K., McCandliss, B. D., Saccomanno, L. & Posner, Formación ML, la maduración y las influencias genéticas en el desarrollo de atención ejecutiva. *Proc. Natl Acad. Ciencia. EE.UU.* 102, Desde 14.931 hasta 14.936 (2005).49. Morris, J. S. et al. Una respuesta diferencial de los nervios en ella amígdala humana facial de miedo y feliz expresiones. *Naturaleza* 383, 812-815 (1996).50. Schumann, C. M. y col. La amígdala se amplía en los niños, pero no en los adolescentes con autismo; los el hipocampo se amplía a todas las edades. *J. Neurosci.* 24, 6392-6401 (2004).51. Dawson, G., Webb, SJ, Carver, L., Panagiotides, H. Y McPartland, J. Los niños pequeños con autismo muestran respuestas atípicas del cerebro a los temerosos frente neutra expresiones faciales de emoción. *Prog. Ciencia.* 7, 340-359 (2004).52. Carr, L. et al. Los mecanismos neuronales de la empatía en los seres humanos: un relevo de los sistemas neurales para la imitación de áreas límbicas. *Proc. Natl Acad. Ciencia. EE.UU.* 100, 5497-5502 (2003).53. Dapretto, M. y col. Entender las emociones en los demás: la disfunción de las neuronas espejo en niños con autismo trastornos del espectro. *Naturaleza Neurosci.* 9, 28-30 (2006).54. Schultz, D., Izard, CE & Bear, la emoción G. Infancia procesamiento: relaciones con la emotividad y la agresión. *Prog. Psicopatología.* 16, 371-387 (2004).55. Scott, S. Knapp, M. Henderson, J. & Maughan, B. Coste financiero de la exclusión social: estudio de seguimiento de la niños antisociales en la edad adulta. *Brit. Med. J.* 323, 1-5 (2001).56. Golán, O. y Baren Cohen, S. empatía

sistematización: enseñar a los adultos con síndrome de Asperger y de alta autismo de reconocer emociones complejas utilizando los medios interactivos. Prog. Psicopatología. 18, 589-615 (2006). 57. Adolphs, R. sistemas neuronales para el reconocimiento de las emociones. Curr. Opin. Neurobiol. 12, 169-177 (2002). 58. Vasa, R. A. y col. Correlatos de neuroimagen de la ansiedad después de una lesión cerebral traumática pediátrica. Biol. psiquiatría 55, 208-216 (2004). 59. Rauch, SL, Shin, LM y Wright, IC Neuroimagen estudios de la función de la amígdala en los trastornos de ansiedad. Ann. NY Acad. Ciencia. 985, 389-410 (2003). 60. Muris, P., Merckelbach, H. y Damsma, amenaza E. sesgo en la percepción no remitidos, ansiedad social niños. J. Clin. Psicología del niño. 29, 348-359 (2000). 61. *Mente Internacional, Cerebro y Educación de la Sociedad* [en línea], <www.imbes.org> 62. *Mente, Cerebro y Educación utilizable Conocimiento Conferencia*, 7-8 de octubre de 2004, la Escuela de Graduados de Educación de la Universidad de Harvard [en línea], <www.gse.harvard.edu / usableknowledge / MBE / index. htm> 63. *Mente Internacional, Cerebro y Educación de Verano Escuela*, 16-20 de julio de 2005, Erice, Sicilia.

**Conflicto de intereses**  
 declaración El autor declara que hay conflictos de intereses financieros.

#### MÁS INFORMACIÓN

Aprendizaje de las ciencias y la investigación del cerebro: <http://www.teach-the-brain.org> El Centro para la

Neurociencia en la Educación: [http://www.educ.cam.ac.uk / neurociencias / index.htm](http://www.educ.cam.ac.uk/neurociencias/index.htm) El acceso a este cuadro de conexiones está disponible en línea.

Derechos de autor de Nature Reviews Neurociencia es la propiedad de Publicaciones Grupo Nature y sus contenidos no pueden ser copiados o enviados por correo electrónico a múltiples sitios o publicado a una listserv sin el permiso titula expesado y escrito del derechos de autor. Aunque, usuarios pueden imprimir, descargar o mandar artículos por correo electrónico para uso individual