

The learning of mathematics in Argentina and its association with the cognitive sciences: opportunities and challenges (*El aprendizaje de la matemática en la Argentina y su relación con las ciencias cognitivas: oportunidades y desafíos*)

Laura Pezzatti , Valeria Edelsztejn & Maria-Julia Hermida

To cite this article: Laura Pezzatti , Valeria Edelsztejn & Maria-Julia Hermida (2020): The learning of mathematics in Argentina and its association with the cognitive sciences: opportunities and challenges (*El aprendizaje de la matemática en la Argentina y su relación con las ciencias cognitivas: oportunidades y desafíos*), Studies in Psychology, DOI: [10.1080/02109395.2020.1749496](https://doi.org/10.1080/02109395.2020.1749496)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/02109395.2020.1749496>



Published online: 07 Jul 2020.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 56



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)



The learning of mathematics in Argentina and its association with the cognitive sciences: opportunities and challenges (*El aprendizaje de la matemática en la Argentina y su relación con las ciencias cognitivas: oportunidades y desafíos*)

Laura Pezzatti^a, Valeria Edelsztein ^{a,b} and Maria-Julia Hermida^{b,c}

^aUniversidad de Buenos Aires (UBA); ^bConsejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET);

^cUniversidad Nacional de Hurlingham (UNAHUR)

ABSTRACT

This article is a review of the current state of interaction between research into the cognitive sciences and mathematics learning in Argentina. It will firstly outline the main guidelines of Argentina's current educational curricula in regard to the learning of mathematics. Secondly, the results Argentina obtained in international standardized tests are described and research proposals aimed at improving these results are put forward. Finally, the article explores the current lack of interaction between research into cognitive sciences and mathematical education and presents recent proposals that seek to bridge these two areas.

RESUMEN

Este trabajo presenta una revisión del estado actual de interacción entre investigación en ciencias cognitivas y aprendizaje de la matemática en Argentina. En primer lugar se describen los lineamientos principales de los currículos educativos vigentes, en relación con el aprendizaje de la matemática. Luego se presentan los resultados obtenidos en el país en pruebas estandarizadas internacionales y algunas propuestas de investigación destinadas a mejorar tales resultados. Por último, el artículo expone el estado de escasa conexión actual entre la investigación en ciencias cognitivas y educación matemática y presenta algunas propuestas recientes que buscan avanzar en dicha conexión.

ARTICLE HISTORY

Received 13 February 2020
Accepted 15 February 2020

KEYWORDS

learning; mathematics;
research; cognitive sciences

PALABRAS CLAVE

aprendizaje; matemática;
investigación; ciencias
cognitivas

This paper analyses the interaction between research into the cognitive sciences and mathematical education in Argentina. While the cognitive sciences (including neurosciences) have progressed in regard to how human beings learn mathematical concepts and, in particular, how they perform calculations, not all of these advances have been incorporated into the educational field in Argentina. However, there are nascent contributions that could signal the beginnings of a closer interaction.

CONTACT Laura Pezzatti  laurapezzatti@gmail.com  Departamento de Matemática, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN), Argentina.

English version: pp. 1–11 / *Versión en español*: pp. 12–22

References / *Referencias*: pp. 22–25

Translation from Spanish / *Traducción del español*: Liza D'Arcy

© 2020 Fundación Infancia y Aprendizaje

The article is divided into three parts: the first outlines the current state of mathematics learning in Argentina; the second analyses the disconnection between research into the cognitive sciences and mathematical education; and the third describes certain nascent contributions that can build bridges between these two areas. Finally, the conclusion discusses the opportunities and challenges presented by the interaction between both fields.

Part 1. The teaching of mathematics in Argentina

Current curriculum designs

Argentina is made up of 24 jurisdictions: 23 provinces and the Autonomous City of Buenos Aires. In all of them, compulsory education ranges from the age of four to 18 and is divided, according to the jurisdiction, into two years of early education, six or seven years of primary school education and six or five years of secondary school education. For example, the Autonomous City of Buenos Aires has seven and five years respectively, while the province of Buenos Aires has six and six. Despite this difference, and that the number of weekly hours spent at school is not the same in all jurisdictions, all three education levels throughout the Argentine national territory have one thing in common: mathematics is one of the subjects that has the greatest time load (National Education Law 26.206, 2006).

Although each province has its own curricular designs, there are certain contents that are common to all of them, called Priority Learning Cores (Núcleos de Aprendizajes Prioritarios, 2004). These Learning Cores are designed by experts in education assigned to this task by the educational authorities governing at that time; they plan a political pedagogical project that embodies the model of society the country would like to have in educational institutions (Núcleos de Aprendizajes Prioritarios, 2004).

The approach to teaching mathematics put forward by these Priority Learning Cores — which have many distinctions and were adopted at different years according to each of the provincial curricular designs — considers mathematics to be a human activity and, therefore, accessible to everyone. Training is focused on *doing mathematics* (mathematics as a process) beyond the end results (mathematics as a product) even when these two aspects, product and process, are both part of learning (GCBA, 2012). *Doing mathematics* focuses on the resolution of problems in its broadest sense, citing Bkouche, Charlot, and Rouche (1991): ‘to do mathematics is a thinking process that builds concepts in order to resolve problems, to find new problems in concepts thus constructed, to rectify concepts to resolve new problems, to generalize and gradually unify concepts in mathematical universes that articulate, structure, unstructure and restructure themselves incessantly’. In general, the curriculum also highlights that interactions between students, teachers and knowledge are key to this learning (GCBA, 2012). For this reason, emphasis is placed on teamwork, teacher interventions and sharing.

Mathematical content is divided into four categories that are, in theory, equally important: numbers and operations, geometry and measurement, statistics and probability and algebra and functions, although the latter has only recently been introduced into the last years of primary school. In curricular designs that have progress indicators (GPBA, 2018), a tell-tale sign of knowledge for these contents is being able to resolve problems that involve the concepts addressed — which implies being able to anticipate results and validate affirmations. These types of tasks are focused on from early education.

Results of standardized evaluations

One of the most well-known international standardized assessments is the PISA tests (OCDE, 2017). As Argentina's current curricular guidelines do, PISA considers mathematics to be a process and a product. Argentina has participated in the PISA tests since 2000, with the exception of 2003, and the latest available results are those of 2018. In the area of mathematics, in 2018, 69% of Argentine students were below level 2 in the PISA results, that is, below the minimum level of expected learning defined by the test. More than half of these same students (40.5%) did not even reach level 1. Additionally, only 0.3% of the students who participated in PISA in 2018 achieved scores on the mathematics tests corresponding to the highest levels of performance — levels 5 and 6 (Secretaría de Evaluación Educativa [Secretariat of Educational Evaluation], 2019).

It should be noted that Argentina is below the average for Latin America, both in mathematics and language, and only close to the average in science. The countries with the best scores in all three areas are Chile and Uruguay.

In addition, in 2016 Argentina reintroduced national standardized tests (Operativo Aprender [Operation Learn]), which are taken in years 3, 6, 9 and 12. The skills that are evaluated in mathematics are some of those considered in the PISA test and also coincide with those included in the curricular designs, although the formats differ substantially; for example, in Aprender all the items are multiple choice. In line with results obtained in PISA, the worst results obtained in Aprender tests are for geometry and measurement and in the resolution of problems. If these results are broken down according to whether the institution is private or public, slight improvements are obtained for the private sector (almost 9% of students fell below the basic level and about 15% reached the basic level) compared to the state sector (more than 23% are below basic and almost 26% at basic). The differences presented by type of school and socioeconomic status (SES) become more pronounced at the secondary level, where 60% of students with a lower SES fall below the basic level. Gender differences are also accentuated in secondary level (35% of males fall below the basic level versus 46% of females). If, in addition, gender is broken down by SES, these differences become more pronounced, with males of lower SES obtaining the lowest scores (Secretaría de Evaluación Educativa [Secretariat of Educational Evaluation], 2018). Likewise, there are differences in performance associated with the number of early education years received by the student. For example, of those students who received early education from the age of three, 63% reached basic and advanced levels compared to 47% of those who did not receive an early education (Secretariat of Educational Evaluation, 2018).

In summary, the results of both international and national tests indicate poor performances for Argentine students (Arena, Cetrángolo, Curcio, & Kit, 2019). These performances are even lower for students who attend state-run schools, have a low SES, are female and do not have access to early education (Arena et al., 2019). These results suggest that the teaching of mathematics has much scope in improving students' educational paths, mainly in lower SES and/or lower academic performance groups. Research into the teaching and learning of mathematics is one of the sources of knowledge that could contribute to such improvement (Dehaene, 2016).

The state, sometimes in conjunction with international organizations such as the World Bank or the Inter-American Development Bank, has carried out certain reinforcement programmes such as 'Matemática para todos' [Mathematics for all], which included

classroom activities and working closely with teachers. This programme was implemented in schools with low SES in Buenos Aires and Tucumán and yielded satisfactory results. After just one academic year, the group that completed the programme showed the strongest effect on their learning: the average test score increased by 44 points (about half a standard deviation), compared to 19 points (a quarter of a standard deviation) among students who received the traditional curriculum. The impact was particularly noted in Buenos Aires, where the difference between the two groups was 34 points, that is, one third of a standard deviation (Valverde & Näslund-Hadley, 2010).

Part 2: the link between research and mathematical education in Argentina

In Argentina there are numerous research groups studying mathematical education at institutes and universities each with different theoretical frameworks (Sadovsky & Sessa, 2005). Some of the predominant theoretical frameworks are Realistic Mathematical Education (Bressan, Zolkower, & Gallego, 2004; Freudenthal, 2002); Socio-epistemological — on which the Aprender Matemática plan that was carried out by the Argentine Ministry of Education in 2019 was based, which comprised classroom material and was included in the majority of Argentine schools and in teacher training (Cantoral & Farfán, 2003); Onto-Semiotic (Godino, 2002) and the Didactic French trend (Artigue, 1995; Brousseau, 1986; Chevillard, 1992) — on which a large part of the provincial curricular designs are based. Both the current curricular designs and the material prepared for different projects and driven by the jurisdictions generally rely on the research conducted into some of these trends.

Several of these research groups' latest publications focus on diagnosing issues students have when they start university; others focus on analysing activities and approaches outlined in textbooks and yet others on developing classroom material, in collaboration or not with teachers, to strengthen the learning of certain concepts in particular. As noted by Steinberg (2018), most of the research related to secondary school uses qualitative methodologies and the few that include quantitative analysis are not very robust since they analyse a small number of classrooms. In addition, the same study indicates that although Argentine researchers cite common theoretical frameworks of reference, and even focus on the same subject, they do not cite national colleagues, which suggests that they all carry out their own project without interaction with other Argentine groups. However, beyond this disconnection between the researchers themselves, qualitative educational research does show a connection with the educational field: they share congresses, participate in the elaboration and review of curricular designs, teach teacher training courses, publish in journals read by educators and write books that are used in teacher training, among other forms of interaction. Although not all Argentine teachers necessarily have contact with these lines of research, they have still managed to be part of the educational field albeit in its most academic extreme. This does not happen with cognitive sciences, as discussed in the next section.

Research into cognitive sciences and mathematics learning

There is no broad tradition of research into numerical cognition in Argentina. However, recently certain groups have conducted research into the teaching and learning processes of mathematics from a cognitive perspective. These groups have mostly been formed by

psychologists (e.g., Ardila, 1979; Hermida et al., 2015; Mustaca, 2006; Sinclair & Scheuer, 1993), but there have also been initiatives by professionals from the fields of mathematics, physics, medicine and biology (see, for example, Cupani, de Minzi, Pérez, & Pautassi, 2010; Goldin et al., 2014; Pezzatti, 2018; Schneider, Maruyama, Dehaene, & Sigman, 2012; Sigman, 2004; Sinclair & Scheuer, 1993).

Below are some examples of basic research into the learning of mathematics carried out from the perspective of the cognitive sciences; despite not specifically addressing the teaching of mathematics, their results and in turn input could be useful for educators.

Moravec

Moravec is an Argentine application for electronic devices for mental operations. Its two main objectives are to train (and improve) players' cognitive calculation skills and to use the results, anonymously, for scientific research. The application was designed by an interdisciplinary team made up of members from the Neuroscience Laboratory of the Torcuato Di Tella University in collaboration with the Universidad de Buenos Aires, the National Council for Scientific and Technical Research, the science communication group El Gato y la Caja and the French institutions Université Paris-Sud, Université Paris-Saclay and Collège de France. The project was funded by the National Agency for Scientific and Technological Promotion and the National Council for Scientific and Technical Research, both Argentine organizations.

Zimmerman et al. (2016) analysed a sample of more than 90,000 data provided by more than 500 players. When the application is opened for the first time, each player is shown a form requesting personal information including date of birth, gender and educational level reached. Of the total 513 users, 448 completed the form: 291 were male (65%), ages ranged from 12 to 65 ($M = 26.1$, $SD = 8.7$), 367 had completed secondary school (82%) and 125 had a university degree (28%). Argentines accounted for 88% of the total, while the other 12% were from Mexico, Colombia, the United States and other countries.

Among the results obtained for this sample, certain primary principles derived from a long research tradition have been confirmed and replicated, including the 'tie' effect, which states that simple arithmetic problems with repeated operands (such as $4 + 4$, 6×6) are solved more quickly and accurately than others (for example, $4 + 5$, 6×7) (Ashcraft, 1992), the 'size' effect, which states that small multiplication problems (2×3) are easier than larger ones (7×8), the 'five' effect, which states that problems that include 5 are easier to solve than expected according to their size (Verguts & Fias, 2005), and the 'order' effect for addition problems, influenced by the 'count from the greatest number' structure (i.e., $7 + 4$ is easier to solve than $4 + 7$) (Carpenter & Moser, 1982). There are still no published data regarding Moravec's effectiveness for training mental operations; Zimmerman et al.'s study is the only one available so far.

Mora

The independent research group Labs, part of the El Gato y la Caja science group, together with researchers from the National Council for Scientific and Technical Research and an interdisciplinary group that includes teachers, designers and programmers, is designing Mora, a mobile application aimed at primary school students (ages six to eight) that seeks to motivate the learning of basic operations through fun

gamification techniques (Dehaene, 2011). Inspired by Moravec, it combines didactic-pedagogical aims and research objectives (it seeks to study how different visualizations foster children's learning through randomized controlled trials that facilitate a systematic approach to the problem). Furthermore, Mora has the potential to be a tool that can be used for the identification of markers associated with dyscalculia (Soares, Evans, & Patel, 2018), and could support early diagnosis of this disorder and guide teachers and parents when choosing effective interventions. It is estimated that it will begin to be implemented in 2020.

Cognitoma

The Cognitoma project is currently being developed by the El Gato y la Caja independent research group Labs. The team, under the direction of researchers from the National Council for Scientific and Technical Research, Andrés Rieznik and Valeria Edelsztein, comprises designers, programmers, psychologists and researchers from other disciplines. The general objective of this research study is to explore how numbers and fraction estimation are linked to each other and, in turn, analyse each separately in the broader sense of cognitive abilities, through the study of response patterns to different mathematical activities taken from 22,221 volunteers who participated in an online platform task.

The task was to answer 23 questions presented in increasing order of difficulty. They evaluated fraction estimation (in the form of percentages), numbers, counting, comparison of numbers, addition, subtractions, simple multiplications, visual-spatial memory and the understanding of contextualized arithmetic statements (Hartshorne & Germine, 2015).

Regressions and group analysis were made to analyse the patterns of relationship between the different cognitive abilities. The group analysis showed an association between estimation of fractions and visual-spatial memory, but not between estimation of fractions and numbers. The regressions independently showed evidence of the same idea: that of a robust relationship between fraction estimation and visual-spatial memory (Jacob, Vallentin, & Nieder, 2012). Additionally, the regressions showed evidence favouring the cognitive Teoría de la Doble Representación de Fracciones [theory of double representation of fractions]. The ability to estimate fractions operates according to the age and gender of a person, as does the visual-spatial memory ability, which suggests a dynamic of perception, and that, in addition, the ability to estimate fractions increases with education and as the capacity to calculate increases, suggesting a non-perceptual component.

Executive and mathematical functions

Another type of research project that has had an impact on the learning of mathematics are interventions to foster executive functions (e.g., working memory, inhibitory control, planning, flexibility) that are precursors of certain mathematical skills (Diamond, 2013).

An example is the computerized intervention carried out in the Matemarote programme (Goldin et al., 2013; Lopez-Rosenfeld, Goldin, Lipina, Sigman, & Slezak, 2013). This software presents activities in a game format and trains working memory, inhibitory control and planning. The software works with an adaptive algorithm and presents each child with activities whose level of difficulty adapts to the child's performance

(Goldin & López-Rosenfeld, 2017; Lopez-Rosenfeld, Goldin, Lipina, Sigman, & Slezak, 2014). In 2014, Goldin et al. showed that three gaming sessions with Matemarote per week, lasting 15 minutes each, for 10 weeks had a positive effect on executive functions and that this effect was transferred to mathematics and language marks. This effect was observed only for mathematics and language (not for other subjects) and for children who had, before the intervention, lower school attendance and lower average marks (Goldin et al., 2014). Matemarote is still used in Argentina and the results of its application continue to be recorded (Nin, Goldin, & Carboni, 2019).

Another example of training executive functions with a potential impact on the learning of mathematics, which is also an example of integration between researchers in cognitive sciences, researchers in education and teachers, was an educational intervention created for children in early education from households with low socioeconomic status (Hermida et al., 2015). In that study, a series of interdisciplinary activities was implemented by teachers in their classrooms. The results did not show increases in the performance of executive functions in children who participated in the intervention (compared to children in the control group) but did show differences in academic marks in mathematics and other areas (language, autonomy and interaction with peers) when children reached year 1 (Hermida et al., 2015).

There are also other studies that, despite not being direct interventions in the educational context, can contribute to understanding how we learn certain mathematical concepts, and could serve for the creation of future interventions, such as the study by Formoso et al. (2018), or the ones by Stelzer, Richard's, Andrés, Vernucci, and Introzzi (2019a, 2019b).

Research into cognitive sciences and education: two separate worlds?

Although research into the educational field in Argentina is growing, as noted above, and there are research groups that focus on the cognitive and mathematical sciences working with teachers in schools, many of the results do not reach educational institutions and/or do not reach those who should make relevant decisions about the education system. For this reason, research into mathematics learning and education itself are fields that run parallel to each other and there are too few bridges between them. This can be seen in both training and practice, both in the daily work of teachers and scientists as well as in academia. Below we will further explore this disconnection.

Training

First, if we look at teacher training and then the training imparted to scientists who research teaching and learning, we will find that there are very few points that coincide. Because the tasks they perform after completing their training are so different, it is logical that their training is different. However, their training does not cover the theories and authors that could serve as a bridge between both disciplines either. For example, for primary education teacher training in the Province of Buenos Aires, the following approaches are studied for developmental psychology: neoconductism, psychoanalysis, psychogenesis, historical-cultural genetic conception and liberating pedagogy (GPBA, 2007). Note that this province is used as an example because it is the one with the highest number of inhabitants in Argentina, but the situation can be generalized to the other provinces. In contrast,

researchers into developmental psychology in Argentina focus on these subjects when they study neuroscience (e.g., Sigman, 2004), cognitive neuroscience (e.g., Goldin et al., 2014; Hermida et al., 2015; Zimmerman et al., 2016), ecological theory (e.g., Ison, 2010) and cognitive psychology (e.g., Cupani et al., 2010).

Furthermore, teacher training does not include, in general, research practice. There is even evidence that teachers have poor training in mathematics. For example, by surveying year 4 teachers ($n = 153$) in Tucumán and Buenos Aires on key concepts that students have to learn for mathematics during that year from four selected areas in the current curriculum, Näslund-Hadley, Cabrol, and Ibarraran (2009) showed that only 44% could name the three key concepts requested from each content and around 30% could identify one or two. More than half of the teachers could either not identify relevant mathematics concepts for the daily life of the students or chose not to answer the question.

Practice

As mentioned earlier, there is a significant body of research into education in Argentina, but the majority: (a) do not necessarily use the hypothetical deductive method (Suasnábar & Palamidessi, 2006); and (b) do not usually address the same topics as scientific research into the cognitive sciences — this implies that the results are published in different journals and conferences (Beigel & Salatino, 2015); furthermore, (c) teaching roles do not offer the same opportunities to research that scientists have. On this last point, it is important to mention that teachers are mainly paid to teach students and, to a lesser degree, to prepare and plan classes. For this reason, making time for research — and even for continuing education and training — is difficult. Conversely, Argentine scientists whose focus is to research education usually dedicate all their working time to research activities as they receive a salary for this work.

Misunderstandings

Various studies have shown that the lack of communication between the scientific and educational fields is due to, among other things, the different languages used in these fields. There are ‘misunderstandings’ and misconceptions that hinder the interaction between them.

In 2016, Hermida, Segretin, Soni García, and Lipina investigated how teachers understood certain neuroscientific and cognitive science concepts that are key to understanding current scientific developments. They found that while scientists use the term *memory* to refer to neurobiological circuits that make long-term learning last, early education teachers understand the exact opposite: what they call ‘memorizing’ information was low-quality learning and, therefore, easily forgotten.

Along the same lines, Gleichgerrcht, Lira Luttges, Salvarezza, and Campos (2015) showed that Argentine teachers believed certain neuromyths, and that those who were most interested in neuroscience were also the ones who believed them the most. These studies suggests that the attempts to connect the cognitive sciences and education must also face the challenge of different disciplinary languages, and that actors must do double work: to unlearn myths and later to learn new content.

Part 3: building bridges

Although the disconnection in scientific research between cognitive sciences and education is a reality of the general situation in Argentina, attempts to bridge them

are increasingly frequent. These efforts usually emerge from the scientific field that seeks to participate in the generation of evidence-based public policies (Mantilla, 2018).

Below we will briefly mention some of these initiatives, while bearing in mind that integration is at an early stage and there is still a long way to go until genuine integration is achieved.

From the state

As of 2005, the then Secretariat of Science, Technology and Productive Innovation launched the National Science and Outreach Programme, whose purpose was to bring science closer to society through a variety of activities, many of them specially designed for schools. They included the Cultural Centre for Science, Tecnópolis (permanent samples of science and technology) and the Los Científicos Van a las Escuelas [Scientists Go to School] initiative (Mantilla, 2018). While unfortunately many of these initiatives do not continue today, they stand as evidence that there have been significant efforts in that direction.

In the media

In the editorial field, several books (such as the *Ciencia que Ladra* and *Educación que Aprende* collections, from the Siglo XXI Editors publishing house) have facilitated the dissemination of scientific content to the educational world (and also to the general public). On television, the Científicos Industria Argentina, Todo tiene un porqué, Los enigmas del cerebro, El cerebro y yo, Alterados por Pi, Neuroqué, Proyecto G and La Liga de la Ciencia programmes have also brought science closer to the general public, including teachers. Some of these programmes included scientific concepts linked to the learning of mathematics.

In scientific communication events

There have been events specially designed to disseminate scientific research in the educational field. For example, Educando al Cerebro [Educating the Brain] is an initiative whose main objective is to bridge science and education, sharing scientific advances in education, learning, pedagogy and neuroscience with educators, teachers and different educational actors in the region in order to discuss different current educational problems. It comprises a cycle of short talks given by scientists to educators on topics that are relevant to education. As a result of these talks, a book was published and handed out to assistant teachers (Ballarini, 2016).

In the context of education

Some universities teach cognitive science courses specifically aimed at teachers: for example, the Universidad Nacional de Hurlingham teaches the Neurosciences of Learning postgrad Universidad Nacional de Hurlingham, 2018) and the Universidad Nacional de Córdoba teaches the Neurosciences and Education course (Universidad Nacional de Córdoba, 2019). Both universities are public and free, but private

universities also offer courses for teachers. For example, the Torcuato Di Tella University teaches the Introduction to Neuroscience course (Torcuato Di Tella University, 2019). These examples show that although compulsory teacher training does not include material on the cognitive sciences, the postgraduate offer is beginning to introduce them.

Through interventions

Projects such as Mora and Matemarote, among others, are examples of potentially scalable interventions that may have a potential impact on the learning of certain mathematical concepts from the initial years of schooling. As such, they are specific examples of the fusing between research into cognitive sciences and education.

Conclusions

In Argentina, international tests have shown poor results in the area of mathematics, a situation that is accentuated in the lower social-economic populations. Specifically, aspects such as economic inequality, gender and preschool education opportunities, which have been associated with performance inequalities in mathematics tests, should be immediately addressed if high educational standards are to be achieved.

Undoubtedly education, and in particular the teaching and learning of mathematics, is a problem that deserves sustained planning, interdisciplinary collaboration, evidence-based decisions and a commitment of all actors to strengthening students' results in mathematics.

Mathematics education research has taken huge strides in Argentina, but research emerging from the cognitive sciences has not yet been fully integrated into the educational field. Differences in training, in practice and in the language of the two fields are only some of the obstacles to this integration.

A possible meeting point between research into mathematics education and the cognitive sciences, aimed at reinforcing students' learning of mathematics, could include an analysis of which representations and visualizations work with the understanding of mathematical concepts or help solve problems.

On this basis, Arcavi (2003), dedicated to teaching mathematics, argues that:

As biological and sociocultural beings, human beings are encouraged and aspire to see, not only what is seen with the naked eye, but also what is not seen. Visualization is described as a method that can help one see what is not seen. [...] Visualization is the ability, the process and the product of creating, using and reflecting through figures, images and diagrams in our mind, on paper or by using technological tools; with the purpose of describing and communicating information, to think about that information and to discover previously unknown ideas and advance understanding.

Recently, Amalric and Dehaene (2016) conducted a study where they explored, through scans, the brain of professional mathematicians from different areas (analysis, algebra, topology and geometry) in order to analyse which areas of the brain are associated with high-level mathematical thinking. The results suggest that high-level mathematical thinking makes minimal use of language areas and, instead, uses circuits initially involved in the thinking of space and numbers.

In Argentina, there are findings from studies explaining how visualization can contribute to the discovery of problem solving strategies (Pezzatti, 2018); from this, we can deduce that new advances could be achieved by deepening research into initiatives such as the aforementioned Cognitoma and Mora.

Thus, building bridges between the world of research into the cognitive sciences and the world of researchers and educators could be one of the best ways to strengthen the teaching and learning of mathematics. This connection is currently in its initial stages, with only certain specific examples of bridges between the two worlds that can be used as platforms to bring them closer (i.e., interventions, popularization of science and state policies).

A meeting place between all the multidisciplinary actors to unify visions, set priorities, design interventions that allow us to effectively measure impacts and plan medium- and long-term objectives would be a good starting point to strengthen students' learning of mathematics.

El aprendizaje de la matemática en la Argentina y su relación con las ciencias cognitivas: oportunidades y desafíos

Este trabajo analiza la interacción entre investigación en ciencias cognitivas y educación matemática en la Argentina. Si bien a nivel mundial las ciencias cognitivas (incluyendo las neurociencias) han avanzado en el conocimiento acerca de cómo los seres humanos aprendemos conceptos matemáticos y, en particular, a realizar cálculos, no todos esos avances han sido incorporados al campo educativo en el país. Sin embargo, hay algunos aportes incipientes que podrían constituir el puntapié inicial de una interacción más cercana.

El trabajo se divide en tres partes. En la primera, se presenta el estado actual de algunos aspectos del aprendizaje de la matemática en Argentina; en la segunda se analiza el estado de desconexión entre la investigación en ciencias cognitivas y en educación matemática y en la tercera, se describen algunos aportes incipientes para construir el puente entre estas áreas. Finalmente, en la conclusión, se discuten las oportunidades y desafíos que presenta la interacción entre ambos campos.

Parte 1. La enseñanza de la matemática en Argentina

Diseños curriculares vigentes

Argentina está conformada por 24 jurisdicciones: 23 provincias y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. En todas ellas, la educación obligatoria va desde los cuatro años a los 18 años y se divide, según la jurisdicción, en dos años de educación inicial, seis o siete de educación primaria y seis o cinco años de educación secundaria. Por ejemplo, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires tiene el formato siete y cinco, mientras que la provincia de Buenos Aires tiene el formato seis y seis. Pese a los diferentes formatos y a que la cantidad de horas semanales no es la misma en todas las jurisdicciones, en todo el territorio nacional los tres niveles educativos comparten el hecho de que la matemática se ubica entre las áreas de mayor carga horaria (Ley de educación Nacional 26.206, 2006).

Si bien cada Provincia tiene sus propios diseños curriculares, hay algunos contenidos que son comunes a todos ellos y se denominan Núcleos de Aprendizaje Prioritarios (Núcleos de Aprendizajes Prioritarios, 2004). Estos Núcleos son planteados por expertos en educación convocados por las autoridades educativas de turno; expresan un proyecto pedagógico político que encarna el modelo de sociedad que se desea acompañar en las instituciones educativas (Núcleos de Aprendizajes Prioritarios, 2004).

El enfoque para la enseñanza de la matemática que plantean estos Núcleos de Aprendizajes Prioritarios, aunque con diversos matices y adoptados desde diferentes años en cada uno de los diseños curriculares provinciales, se basa en considerar a la matemática como una actividad humana y, por lo tanto, accesible para todas las

personas. El mayor poder formativo se centra en el *hacer matemática* (matemática como proceso) más allá de los resultados acabados (matemática como producto) aun cuando estos dos aspectos, producto y proceso, forman parte conjuntamente del aprendizaje (GCBA, 2012). El foco de *hacer matemática* está puesto en la resolución de problemas en su sentido más amplio, citando a Bkouche, Charlot, y Rouche (1991): ‘hacer matemáticas, es un trabajo del pensamiento, que construye los conceptos para resolver problemas, que plantea nuevos problemas a partir de conceptos así construidos, que rectifica los conceptos para resolver problemas nuevos, que generaliza y unifica poco a poco los conceptos en los universos matemáticos que entre ellos se articulan, se estructuran, se desestructuran y se reestructuran sin cesar’. En general, también se plantea que las interacciones entre los estudiantes, el docente y el saber son clave para que se produzca este aprendizaje (GCBA, 2012). Por tal motivo, se hace énfasis en el trabajo en equipo, las intervenciones docentes y la puesta en común.

Respecto a los contenidos disciplinares, se encuentran divididos en 4 ejes que poseen, en teoría, igual preponderancia: números y operaciones, geometría y medida, estadística y probabilidad y álgebra y funciones, aunque este último recién aparece en los últimos años del nivel primario. En los diseños curriculares que tienen indicadores de avance (GPBA, 2018), el saber de estos contenidos se relaciona con poder resolver problemas que involucren los conceptos abordados — lo cual implica poder anticipar resultados y validar afirmaciones. En este tipo de tareas, se pone foco desde el nivel inicial.

Resultados de evaluaciones estandarizadas

Una de las evaluaciones estandarizadas internacionales más populares son las pruebas PISA (OCDE, 2017). Al igual que en los lineamientos curriculares vigentes, PISA considera a la matemática como proceso y como producto. Argentina participa de las pruebas PISA desde el año 2000, a excepción del año 2003 y los últimos resultados disponibles son los de 2018. En el área de matemática de la prueba PISA del año 2018, el 69% de los estudiantes argentinos se encontraba por debajo del nivel 2, es decir por debajo del nivel mínimo de aprendizajes esperados definido por la prueba. Más de la mitad de estos mismos estudiantes (40.5%) ni siquiera alcanzaron el nivel 1. Al mismo tiempo, sólo el 0.3% de los estudiantes que participaron de PISA en 2018 en Argentina lograron puntajes en las pruebas de Matemática correspondientes a los niveles más altos de rendimiento — niveles 5 y 6 (Secretaría de Evaluación Educativa, 2019).

Cabe destacar que Argentina se encuentra por debajo del puntaje promedio de América Latina, tanto en Matemática como en Lengua, y muy cercano al promedio del continente en Ciencias. Los países con mejores puntajes en las tres áreas son Chile y Uruguay.

Además, desde el 2016, Argentina vuelve a contar con pruebas estandarizadas nacionales (Operativo Aprender), que se toman en el tercero, el sexto, el noveno y el doceavo año de escolaridad. Las capacidades que se evalúan en matemática son algunas de las que se consideran en PISA y también coinciden con las desarrolladas en los diseños curriculares, aunque las actividades propuestas difieren bastante, por ejemplo en Aprender todos los ítems son de opción múltiple. En concordancia con los resultados de PISA, los peores resultados se obtienen en geometría y medida y en la capacidad de resolución de problemas. Si estos resultados se desglosan según la gestión de la

institución — privada o estatal — se obtienen leves mejoras para el sector privado (casi 9% de estudiantes por debajo del básico y alrededor del 15% en básico) en comparación con el sector estatal (más del 23% debajo del básico y casi 26% en básico). Las diferencias presentadas por tipo de gestión de la escuela y nivel socioeconómico (NSE) se vuelven más pronunciadas en el nivel secundario llegando a un 60% de estudiantes por debajo del nivel básico cuando pertenecen a NSE bajos. Las diferencias según género también se acentúan en este nivel (35% de varones queda por debajo del nivel básico versus un 46% de mujeres). Si, además, se desglosa por NSE están diferencias se hacen más pronunciadas, con los niños de menor NSE obteniendo los puntajes más bajos (Secretaría de Evaluación Educativa, 2018). Asimismo, se observan diferencias en el desempeño con relación a la cantidad de años que los alumnos asistieron al nivel inicial. Por ejemplo, dentro de quienes asistieron desde sala de tres años hay alrededor de un 63% en los niveles básico y avanzado versus un 47% entre los que no asistieron al nivel inicial (Secretaría de Evaluación Educativa, 2018).

En síntesis, tanto los resultados de las pruebas internacionales como los de las pruebas nacionales indican desempeños débiles para los estudiantes argentinos (Arena, Cetrángolo, Curcio, & Kit, 2019). Esos desempeños además son más bajos para quienes asisten a escuelas de gestión estatal, quienes tienen bajo NSE, las mujeres y quienes no tuvieron acceso a la educación inicial (Arena et al., 2019). Estos resultados sugieren que la enseñanza de la matemática tiene un margen amplio de trabajo en el fortalecimiento de las trayectorias de los estudiantes, principalmente de los grupos de menor NSE y/o desempeños académicos más bajos. La investigación en enseñanza y aprendizaje de la matemática es una de las fuentes de conocimiento que podría contribuir a tal mejora (Dehaene, 2016).

En varias oportunidades desde el estado y/o en conjunto con organizaciones internacionales como el Banco Mundial o el Banco Interamericano para el desarrollo se han llevado a cabo algunos programas de fortalecimiento como, por ejemplo, Matemática para todos que consistió en la elaboración de actividades para el aula y el trabajo con docentes. Este programa se implementó en escuelas de NSE bajo de Buenos Aires y Tucumán y se han logrado resultados satisfactorios. Después de apenas un año académico, el grupo que llevó a cabo el programa Matemática para todos fue el que mostró el efecto más fuerte sobre su aprendizaje: la nota promedio en los exámenes aumentó en 44 puntos (cerca de la mitad de una desviación estándar), en comparación con 19 puntos (una cuarta parte de una desviación estándar) entre los estudiantes que recibieron el currículo tradicional. El impacto fue particularmente fuerte en Buenos Aires, donde la diferencia entre los dos grupos fue de 34 puntos, es decir un tercio de la desviación estándar (Valverde & Näslund-Hadley, 2010).

Parte 2: Vínculo entre la investigación y la educación matemática en Argentina

En la Argentina hay numerosos grupos de investigación en educación matemática en institutos y universidades con diferentes marcos teóricos (Sadovsky & Sessa, 2005). Algunos de los marcos teóricos predominantes son la Educación Matemática Realista (Bressan, Zolkower, & Gallego, 2004; Freudenthal, 2002), la Socioepistemológica — en la que se basa el plan Aprender Matemática que fue llevado a cabo por el Ministerio

Nacional de Educación durante el año 2019 y consistió en la elaboración de materiales áulicos, que llegaron a gran parte de las escuelas del país, y en formación docente — (Cantoral & Farfán, 2003), la Ontosemiótica (Godino, 2002) y la corriente de la Didáctica Francesa (Artigue, 1995; Brousseau, 1986; Chevallard, 1992) — en la que se basan una gran parte de los diseños curriculares provinciales. Tanto los diseños curriculares vigentes como el material elaborado para diferentes proyectos impulsados por las jurisdicciones se apoyan, en general, en las investigaciones de algunas de estas corrientes.

Varios de estos grupos de investigación, en sus últimas publicaciones, se enfocan en diagnosticar algunas problemáticas de los estudiantes al ingresar a la universidad, algunos en analizar las actividades y enfoques propuestos en libros de texto y, otros, en elaborar material de trabajo áulico, en conjunto o no con docentes, para fortalecer el aprendizaje de ciertos conceptos en particular. Tal como señalan Steinberg (2018), la mayoría de las investigaciones referidas al nivel secundario usan metodologías cualitativas y las pocas que incluyen un análisis cuantitativo son poco robustas ya que analizan un pequeño número de aulas. Además, en el mismo estudio se señala que si bien los investigadores argentinos citan marcos teóricos de referencia comunes, inclusive trabajando en la misma temática, no citan a los colegas nacionales, lo que indica que cada uno realiza su propio proyecto sin intercambiar con otros grupos del país. Sin embargo, más allá de esta desconexión entre los propios investigadores, las investigaciones educativas cualitativas sí muestran conexión con el ámbito educativo: comparten congresos, participan en la elaboración y revisión de los diseños curriculares, dictan cursos de capacitación a docentes, publican en revistas leídas habitualmente por educadores, escriben libros que se usan en la formación docente, entre otras formas de vínculo. Aunque no necesariamente todos los docentes argentinos tengan contacto con estas líneas de investigación, las mismas han logrado ser parte del campo educativo en su facción más académica. No sucede lo mismo con las ciencias cognitivas, tal como se analiza en el siguiente apartado.

Investigación en ciencias cognitivas y aprendizaje de la matemática

No existe una amplia tradición de investigación en cognición numérica en Argentina. Sin embargo, en épocas bastante recientes, algunos grupos han realizado investigaciones respecto de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la matemática desde un enfoque cognitivo. Estos grupos han estado mayormente formados por psicólogos (e.g., Ardila, 1979; Hermida et al., 2015; Mustaca, 2006; Sinclair & Scheuer, 1993), pero también han habido iniciativas de profesionales provenientes de la matemática, física, medicina y biología (ver por ejemplo Cupani, de Minzi, Pérez, & Pautassi, 2010; Goldin et al., 2014; Pezzatti, 2018; Schneider, Maruyama, Dehaene, & Sigman, 2012; Sigman, 2004; Sinclair & Scheuer, 1993).

A continuación, se detallan algunos ejemplos de investigaciones básicas sobre el aprendizaje de la matemática, realizadas desde la perspectiva de las ciencias cognitivas que, por más que no aborden en forma específica la enseñanza de la matemática, permiten obtener información cuyos insumos podrían ser de utilidad para compartir con educadores.

Moravec

Moravec es una aplicación argentina (para dispositivos electrónicos) de operatoria mental. Sus dos principales objetivos son entrenar (y mejorar) las habilidades cognitivas de cálculo de los jugadores, y usar los resultados, de forma anónima, para investigaciones científicas. La aplicación fue diseñada por un equipo interdisciplinario de miembros del Laboratorio de Neurociencia de la Universidad Torcuato Di Tella en colaboración con la Universidad de Buenos Aires, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, el colectivo de comunicación de la ciencia El Gato y la Caja y las instituciones francesas Université Paris-Sud, Université Paris-Saclay y Collège de France. El proyecto fue financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, ambos organismos argentinos.

Zimmerman et al. (2016) analizaron una muestra de más de 90,000 datos aportados por más de 500 jugadores. Al abrir la aplicación por primera vez, cada jugador recibe un formulario en el que se solicita información personal que incluye fecha de nacimiento, género y nivel educativo alcanzado. Del total de 513 usuarios examinados en el trabajo, 448 completaron el formulario: 291 eran hombres (65%), las edades oscilaban entre 12 y 65 años ($M = 26.1$, $SD = 8.7$), 367 habían completado la escuela secundaria (82%) y 125 tenía un título universitario (28%). Los argentinos representaban el 88% del total, mientras que el otro 12% eran de México, Colombia, Estados Unidos y otros países.

Entre los resultados obtenidos para esta muestra hasta el momento, se han logrado confirmar y replicar algunos de los primordiales principios derivados de una larga tradición de investigación, entre ellos el efecto 'tie' que muestra que los problemas aritméticos simples con operandos repetidos (como $4 + 4$, 6×6) se resuelven con mayor rapidez y precisión que otros problemas (por ejemplo, $4 + 5$, 6×7) (Ashcraft, 1992), el efecto 'size', que muestra que los problemas de multiplicación pequeños (2×3) son más fáciles que los grandes (7×8), el efecto de 'cinco', que señala que los problemas que incluyen al 5 son más fáciles de resolver que lo que correspondería por su tamaño (Verguts & Fias, 2005) y el efecto de 'orden', para problemas de suma, dominado por una estructura 'contar desde el mayor' (es decir, $7 + 4$ es más fácil de resolver que $4 + 7$) (Carpenter & Moser, 1982). Aún no hay datos publicados acerca de la efectividad de Moravec para entrenar operatoria mental y el trabajo de Zimmerman y colaboradores es el único disponible hasta el momento.

Mora

El grupo de investigación independiente Labs del colectivo de ciencia El Gato y la Caja, junto con investigadores del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y un grupo interdisciplinario que incluye docentes, diseñadores y programadores, se encuentra diseñando Mora, una aplicación para celulares orientada a estudiantes del primer ciclo de escuela primaria (seis a ocho años) que busca motivar el aprendizaje de la operatoria básica a través de una aproximación lúdica que incluye técnicas de *gamificación* (Dehaene, 2011). Inspirada en Moravec, conjuga tanto objetivos didáctico-pedagógicos como de investigación (busca estudiar cómo diferentes visualizaciones favorecen el aprendizaje de los chicos mediante ensayos aleatorios controlados que

permitan una aproximación sistemática al problema). Por otra parte, Mora tiene gran potencial como herramienta para la identificación de marcadores asociados a discalculia (Soares, Evans, & Patel, 2018), y podría asistir a un diagnóstico temprano y orientar a docentes y padres en la elección de intervenciones efectivas. Se estima que su implementación comenzará en 2020.

Cognitoma

También desde el grupo de investigación independiente Labs de El Gato y la Caja se encuentra en desarrollo el proyecto Cognitoma. El equipo, bajo la dirección de los investigadores del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Andrés Rieznik y Valeria Edelsztejn, se compone, además, de diseñadores, programadores, psicólogos e investigadores de otras disciplinas. El objetivo general de esta investigación era explorar cómo se vinculan entre sí numerosidad y estimación de fracciones y, a su vez, ambas respecto del conjunto más amplio de capacidades cognitivas, a través del estudio de los patrones de respuestas a diferentes actividades matemáticas en 22,221 voluntarios que participaron en una plataforma online).

La tarea consistía en responder 23 preguntas presentadas en orden creciente de dificultad. Evaluaban estimación de fracciones (en forma de porcentajes), numerosidad, conteo, comparación de números, sumas, restas y multiplicaciones simples, memoria visuo-espacial y el entendimiento de enunciados aritméticos contextualizados (Hartshorne & Germine, 2015).

Para analizar los patrones de relación entre las diferentes capacidades cognitivas, se hicieron regresiones y análisis de grupo. El análisis de grupo mostró una asociación entre estimación de fracciones y memoria visuo-espacial, pero no entre estimación de fracciones y numerosidad. Las regresiones mostraron de forma independiente evidencia convergente hacia la misma idea: la de una relación robusta entre estimación de fracciones y la memoria visuo-espacial (Jacob, Vallentin, & Nieder, 2012). Adicionalmente, las regresiones mostraron evidencia favoreciendo la teoría de la doble representación de fracciones en el cerebro. La capacidad de estimar fracciones se comportó en relación a la edad y al género de una persona tal como se comportó la capacidad de memoria visuo-espacial, lo que sugiere una dinámica propia de la percepción, y que, además, la capacidad de estimar fracciones aumentó con la educación como aumenta la capacidad de cálculo, lo que sugiere un componente no perceptual.

Funciones ejecutivas y matemática

Otro tipo de proyectos de investigación que ha tenido impacto en el aprendizaje de la matemática, son las intervenciones para favorecer funciones ejecutivas (e.g., memoria de trabajo, control inhibitorio, planificación, flexibilidad) que son precursores de algunas habilidades matemáticas (Diamond, 2013).

Un ejemplo es la intervención computarizada con el programa Matemarote (Goldin et al., 2013; Lopez-Rosenfeld, Goldin, Lipina, Sigman, & Slezak, 2013). Este software presenta actividades en formato lúdico que entrenan memoria de trabajo, control inhibitorio y planificación. El software funciona con un algoritmo adaptativo que presenta a cada niño actividades cuyo nivel de dificultad se ‘acomoda’ según el

desempeño del niño (Goldin & López-Rosenfeld, 2017; Lopez-Rosenfeld, Goldin, Lipina, Sigman, & Slezak, 2014). En 2014, Goldin y colaboradores mostraron que tres sesiones de juego con Matemarote por semana, de quince minutos cada una, durante 10 semanas tuvieron un efecto sobre las funciones ejecutivas y ese efecto se transfirió a las notas de matemática y lengua. Este efecto se observó sólo para matemática y lengua (no para otras materias) y para los niños que tenían, antes de la intervención, una asistencia escolar menor y calificaciones, en promedio, más bajas (Goldin et al., 2014). Matemarote sigue siendo utilizado en el país y los resultados de su aplicación continúan siendo medidos (Nin, Goldin, & Carboni, 2019).

Otro ejemplo de entrenamiento de funciones ejecutivas con un potencial impacto en el aprendizaje de la matemática, que además es un ejemplo de integración entre investigadores en ciencias cognitivas, investigadores en educación y docentes, fue una intervención educativa para niños de nivel inicial provenientes de hogares con bajo nivel socioeconómico (Hermida et al., 2015). En ese estudio, una serie de actividades diseñadas de forma interdisciplinaria, fue implementada por docentes en sus aulas. Los resultados no mostraron aumentos en los desempeños en las pruebas de funciones ejecutivas en los niños que participaron de la intervención (con respecto a sus controles) pero sí mostraron diferencias en las notas académicas en matemática y otras áreas (lengua, autonomía y contacto con los pares) cuando los niños llegaron a primer grado (Hermida et al., 2015).

También se cuenta con otros trabajos que, si bien no han sido intervenciones directas en el ámbito educativo, pueden contribuir a comprender cómo aprendemos ciertos conceptos matemáticos para elaboración de intervenciones futuras, como por ejemplo los trabajos de Formoso et al. (2018), o los de Stelzer, Richard's, Andrés, Vernucci, y Introzzi (2019a, 2019b).

Investigación en ciencias cognitivas y educación: ¿dos mundos separados?

En Argentina, si bien hay investigación en el campo educativo como se señaló anteriormente y hay grupos de investigación en ciencias cognitivas y matemática que trabajan conjuntamente con docentes en las escuelas, muchos de los resultados no alcanzan divulgación masiva y/o no llegan a quienes deben tomar decisiones pertinentes en el sistema educativo. Por tal motivo, la investigación en aprendizaje de la matemática y la educación propiamente dicha son campos que discurren de forma separada, con muy pocas conexiones entre ellos. Esto se observa tanto en la formación, como en la práctica; tanto en el trabajo cotidiano de los docentes y científicos como en el plano académico. A continuación se profundizará en las evidencias para esta desconexión.

Formación

En primer lugar, si observamos la formación docente y la formación de los científicos que trabajan estudiando enseñanza y aprendizaje, los puntos de coincidencia son prácticamente nulos. Dado que las tareas que desempeñarán una vez finalizada esa formación son distintas, es lógico que la formación sea diferente. Sin embargo, en aquellas materias que podrían servir de puente entre ambas disciplinas tampoco, en general, se analizan las mismas teorías ni los mismos autores. Por ejemplo, en la formación de los docentes de educación primaria en la materia Psicología del desarrollo

de la Provincia de Buenos Aires se estudian los siguientes enfoques: neoconductismo, psicoanálisis, psicogénesis, concepción genética histórico-cultural y Pedagogía liberadora (GPBA, 2007). Vale destacar que se menciona esta Provincia por ser la de mayor número de habitantes del país, pero la situación es generalizable al resto de las provincias del país. Mientras tanto, los investigadores en psicología del desarrollo del país trabajan estos temas desde la neurociencia (e.g., Sigman, 2004), la neurociencia cognitiva (e.g., Goldin et al., 2014; Hermida et al., 2015; Zimmerman et al., 2016), la teoría ecológica (e.g., Ison, 2010) y la psicología cognitiva (e.g., Cupani et al., 2010).

Por otra parte, la formación docente no incluye, en general, práctica en investigación. Incluso hay evidencias de que los maestros tienen una débil formación disciplinar. Por ejemplo, Näslund-Hadley, Cabrol, y Ibararán (2009) han mostrado que, al encuestar a docentes ($n = 153$) de cuarto grado de Tucumán y Buenos Aires sobre conceptos claves que los estudiantes tenían que aprender de matemática durante ese año de cuatro áreas seleccionadas de acuerdo a los diseños curriculares vigentes, solo el 44% pudo nombrar los tres conceptos claves pedidos de cada contenido y alrededor del 30% pudo identificar uno o dos. Más de la mitad de los docentes o no pudieron identificar conceptos de matemáticas pertinentes para la vida diaria de los estudiantes, u optaron por no contestar la pregunta.

Práctica

Tal como se mencionó anteriormente, existe un cuerpo importante de investigación educativa en el país pero la mayoría: (a) no necesariamente usa el método hipotético deductivo (Suasnábar & Palamidessi, 2006); (b) esa investigación no suele abordar los mismos temas que las investigaciones científicas de las ciencias cognitivas, esto implica que los resultados se publiquen en revistas y congresos diferentes (Beigel & Salatino, 2015); (c) los cargos docentes no brindan las mismas oportunidades a científicos y educadores para trabajar en investigación. Sobre este último punto es importante mencionar que, en general, los educadores disponen de su tiempo asalariado mayoritariamente frente a alumnos y, en una proporción mucho menor, dedicados a la preparación y planificación de las clases. Así, ven sus posibilidades muy reducidas en términos de dedicación a la investigación (y también a la formación y capacitación continua). En cambio, los científicos argentinos orientados a la investigación en educación, suelen tener la posibilidad de dedicarse tiempo completo a actividades de investigación al percibir un salario por este trabajo.

Malosentendidos

Diversos estudios han mostrado que la incomunicación entre el campo científico y el educativo reside, entre otras cosas, en los diferentes lenguajes que se manejan en estos ámbitos. Hay 'malosentendidos' y mitos que dificultan la interacción entre ellos.

En 2016, Hermida, Segretin, Soni García, y Lipina indagaron cómo los docentes entendían algunos conceptos neurocientíficos y de las ciencias cognitivas que son claves para poder comprender los desarrollos científicos actuales. Encontraron que, por ejemplo, mientras que los científicos utilizan el término *memoria* para hacer referencia a los circuitos neurobiológicos que hacen que un aprendizaje perdure a largo plazo, los docentes de nivel inicial comprenden exactamente lo contrario: lo que ellos llaman 'aprender de memoria' es un aprendizaje de baja calidad y que, por lo tanto, se pierde fácilmente.

En la misma línea Gleichgerrcht, Lira Luttges, Salvarezza, y Campos (2015) mostraron que las docentes argentinas creían en varios neuromitos y que aquellas que más se interesaban por las neurociencia eran también las que más los creían. Estos estudios dan indicios de que los intentos de conexión entre ciencias cognitivas y educación también deben afrontar problemas de distintos lenguajes disciplinares y hacer el doble trabajo de des-aprender mitos, para luego aprender los contenidos novedosos.

Parte 3: En busca de la conexión

Pese a que la desconexión en investigación científica en ciencias cognitivas y educación es parte de la situación general de Argentina, cada vez son más frecuentes los intentos de acercamiento. En general, se trata de propuestas provenientes desde el ámbito científico que, entre otras cuestiones, buscan la participación en la generación de políticas públicas basadas en evidencia (Mantilla, 2018).

A continuación, se mencionarán brevemente algunas de estas iniciativas, teniendo en cuenta que la integración se encuentra en una etapa inicial y aún falta recorrer un largo camino hasta lograr una integración genuina.

Desde el Estado

A partir de 2005, la entonces Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva comenzó a desarrollar el Programa Nacional de la Ciencia y la Divulgación, que ha buscado vincular la ciencia con la sociedad a través de una diversidad de actividades, muchas de ellas destinadas especialmente a escuelas. Se destacan el Centro Cultural de la Ciencia, Tecnópolis (muestras permanentes de ciencia y tecnología) y la iniciativa Los Científicos Van a las Escuelas, entre otras (Mantilla, 2018). Si bien muchas de estas iniciativas lamentablemente hoy no continúan, han sido esfuerzos importantes en esa dirección.

En medios de comunicación

En el rubro editorial, diversos libros (como por ejemplo las colecciones *Ciencia que Ladra* y *Educación que Aprende*, de Siglo XXI Editores) han permitido divulgación de contenidos científicos al mundo educativo (y además, al público general). En la televisión, el programa Científicos Industria Argentina, Todo tiene un porqué, Los enigmas del cerebro, El cerebro y yo, Alterados por Pi, Neuroqué, Proyecto G y La Liga de la Ciencia, también han permitido acercar la ciencia al público en general, incluidos los docentes. Algunos de estos programas incluyeron conceptos científicos ligados al aprendizaje de la matemática.

En eventos de comunicación científica

Se han producido eventos especialmente diseñados a difundir la investigación científica en el ámbito educativo. Por ejemplo, Educando al Cerebro es una iniciativa que tiene por objetivo principal construir un puente entre la ciencia y la educación, compartiendo avances científicos en educación, aprendizaje, pedagogía y neurociencia con educadores, docentes y diferentes agentes educativos de la región con el fin de debatir diferentes

problemáticas educativas actuales. La actividad consiste en un ciclo de charlas cortas brindadas por científicos para educadores sobre temas relevantes para la educación. Como fruto de estos ciclos de charlas se publicó un libro que fue entregado a los docentes asistentes (Ballarini, 2016).

En el ámbito educativo

Algunas universidades dictan cursos de ciencias cognitivas especialmente destinados a docentes. Por ejemplo, la Universidad Nacional de Hurlingham dicta el curso de posgrado Neurociencias del aprendizaje (Universidad Nacional de Hurlingham, 2018), y la Universidad Nacional de Córdoba dicta el curso ‘Neurociencias y Educación’ (Universidad Nacional de Córdoba, 2019). Ambas universidades son públicas y gratuitas, pero también las universidades privadas ofrecen cursos destinados a docentes. Por ejemplo la Universidad Torcuato Di Tella dicta el curso ‘Introducción a la neurociencia’ (Universidad Torcuato Di Tella, 2019). Estos ejemplos muestran cómo, si bien la formación obligatoria de los docentes no incorpora a las ciencias cognitivas, la oferta de posgrado comienza a introducirlas.

Por medio de intervenciones

Proyectos como Mora y Matemarote, entre otros, son ejemplos de intervenciones potencialmente escalables y con potencial impacto en el aprendizaje de algunos conceptos matemáticos de los primeros años de escolaridad. Como tales, constituyen ejemplos concretos de acercamiento entre la investigación en ciencias cognitivas y la educación.

Conclusiones

En Argentina las pruebas internacionales han mostrado bajos resultados en el área de matemática, situación que se acentúa en las poblaciones de más bajo nivel económico-social. En particular, aspectos como la desigualdad económica, de género y de oportunidades de educación preescolar, que se han asociado a desigualdades en el desempeño en pruebas de matemática, deben ser abordados con importancia primaria si se desea alcanzar altos estándares educativos.

Sin duda la educación, y en particular la enseñanza y el aprendizaje de la matemática, constituye un problema que merece una planificación sostenida, un trabajo interdisciplinario, decisiones basadas en evidencia y un compromiso de todos los actores por lograr el fortalecimiento de las trayectorias escolares en matemática de los estudiantes.

La investigación en educación matemática ha avanzado enormemente en el país; sin embargo, la investigación proveniente de las ciencias cognitivas aún no ha logrado integrarse plenamente al campo educativo. Diferencias en la formación, en la práctica y en el lenguaje propio de las disciplinas son algunas de las trabas para esa integración.

Un posible punto de encuentro entre la investigación en educación matemática y ciencias cognitivas, orientado a fortalecer el aprendizaje de la matemática de nuestros estudiantes, podría involucrar el análisis de qué representaciones y visualizaciones colaboran con el entendimiento de conceptos matemáticos o ayudan a resolver problemas.

En este sentido, Arcavi (2003), dedicado a enseñanza de la matemática, sostiene que:

Como seres biológicos y socioculturales, los seres humanos somos alentados y aspiramos a ver, no solo lo que se ve a simple vista, sino también lo que no se ve. La visualización se describe como un método que ofrece ver lo que no se ve. [...] La visualización es la habilidad, el proceso y el producto de crear, usar y reflexionar a través de figuras, imágenes y diagramas en nuestra mente, en el papel o utilizando alguna herramienta tecnológica; con el propósito de describir y comunicar información, para pensar acerca de esa información y para descubrir ideas desconocidas previamente y avanzar en el entendimiento.

Recientemente, Amalric y Dehaene (2016) realizaron una investigación en la que estudiaron, mediante escaneos, el cerebro de matemáticos profesionales de diferentes áreas (análisis, álgebra, topología y geometría) con el objetivo de analizar con qué áreas del cerebro se relaciona el razonamiento matemático de alto nivel. Los resultados sugieren, justamente, que el pensamiento matemático de alto nivel hace un uso mínimo de las áreas del lenguaje y, en cambio, utiliza circuitos inicialmente involucrados en el pensamiento del espacio y el número.

En Argentina existen algunos resultados de cómo la visualización puede colaborar con el descubrimiento de estrategias en la resolución de problemas (Pezzatti, 2018) y se podrían conseguir nuevos avances al profundizar en investigaciones como Cognitoma y Mora, anteriormente mencionadas.

De esta forma, la conexión entre el mundo de las investigaciones en ciencias cognitivas y el mundo de los investigadores y educadores, podría ser una de las principales vías por medio de las cuáles favorecer la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. Esa conexión actualmente se encuentra en estado incipiente, con algunos ejemplos puntuales de puentes entre ambos mundos que pueden servir de puntapié para pensar nuevas experiencias en esta vía (i.e., intervenciones, popularización de la ciencia y políticas estatales).

Un espacio de encuentro entre todos los actores para unificar visiones, fijar prioridades, diseñar intervenciones que nos permitan medir efectivamente el impacto, planificar objetivos a mediano y largo plazo sumando cada uno desde su formación, sería un buen punto de partida para fortalecer el aprendizaje de la matemática de nuestros estudiantes.

Disclosure statement / Conflicto de intereses

No potential conflict of interest was reported by the authors. / *Los autores no han referido ningún potencial conflicto de interés en relación con este artículo.*

ORCID

Valeria Edelsztein  <http://orcid.org/0000-0001-6739-1825>

References / Referencias

Amalric, M., & Dehaene, S. (2016). Origins of the brain networks for advanced mathematics in expert mathematicians. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113, 4909–4917.

- Arcavi, A. (2003). The role of visual representations in the learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 52, 215–241.
- Ardila, R. (1979). La psicología en Argentina: Pasado, presente, futuro. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 11, 71–91.
- Arena, E., Cetrángolo, O., Curcio, J., & Kit, I. (2019). *Argentina en PISA 2018*. Buenos Aires: Informe de resultados. Instituto Interdisciplinario de Economía Política de Buenos Aires de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires & Secretaria de Evaluación Educativa del Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la Nación.
- Artigue, M. (1995). La enseñanza de los principios del cálculo: Problemas epistemológicos, cognitivos y didácticos. In M. Artigue, R. Douady, L. Moreno, & P. Gómez (Eds.), *Ingeniería didáctica en educación matemática* (pp. 97–140). México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Ashcraft, M. H. (1992). Cognitive arithmetic: A review of data and theory. *Cognition*, 44, 75–106.
- Ballarini, F. (2016). *Educando al Cerebro, libro 1*. Buenos Aires: Fundación Williams.
- Beigel, F., & Salatino, M. (2015). Circuitos segmentados de consagración académica: Las revistas de Ciencias Sociales y Humanas en la Argentina. *Información, cultura y sociedad*, 32, 7–32.
- Bkouche, R., Charlot, B., & Rouche, N. (1991). *Faire des mathématiques: Le plaisir du sens*. Paris: Armand Colin.
- Bressan, A., Zolkower, B., & Gallego, F. (2004). Los principios de la educación matemática realista. In H. Alagia, A. Bressan, & P. Sadovsky (Eds.), *Reflexiones Teóricas para la Educación Matemática* (pp. 69–98). Buenos Aires: Editorial Libros del Zorzal.
- Brousseau, G. (1986). *Fundamentos y Métodos de la Didáctica de la Matemática*. Córdoba: Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Universidad Nacional de Córdoba.
- Cantor, R., & Farfán, R. (2003). Mathematics Education: A vision of its evolution. *Educational Studies in Mathematics*, 53, 255–270.
- Carpenter, T. P., & Moser, J. M. (1982). The development of addition and subtraction problem-solving skills. In T. P. Carpenter, J. M. Moser, & T. A. Romberg (Eds.), *Addition and subtraction: A cognitive perspective* (pp. 9–24). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique: Perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12, 73–112.
- Cupani, M., de Minzi, M. C. R., Pérez, E. R., & Pautassi, R. M. (2010). An assessment of a social-cognitive model of academic performance in mathematics in Argentinean middle school students. *Learning and Individual Differences*, 20, 659–663.
- Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics* (Rev. and updated ed.). New York, NY: Oxford University Press.
- Dehaene, S. (2016). *El cerebro matemático: Como nacen, viven ya veces mueren los números en nuestra mente*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135–168.
- Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires. (2018). *Diseño curricular para la educación primaria: Primer ciclo y segundo ciclo; coordinación general de Sergio Siciliano* (1a ed.). La Plata. Retrieved from <http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/consejogeneral/disenioscurriculares/primaria/2018/dis-curricular-PBA-completo.pdf>
- Formoso, J., Injoque-Ricle, I., Barreyro, J. P., Calero, A., Jacobovich, S., & Burín, D. I. (2018). Mathematical cognition, working memory, and processing speed in children. *Cognition, Brain, Behavior. An Interdisciplinary Journal*, 22, 59–86.
- Freudenthal, H. (2002). *Didactical phenomenology of mathematical structures*. New York, NY: Kluwer.
- Gleichgerrcht, E., Lira Luttges, B., Salvarezza, F., & Campos, A. L. (2015). Educational neuro-myths among teachers in Latin America. *Mind, Brain, and Education*, 9, 170–178.
- Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. (2007). *Diseño Curricular para la Educación Superior. Niveles Inicial y Primario*. Retrieved from <http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/consejogeneral/disenioscurriculares/documentosdescarga/dcurricularsuperior.pdf>
- Godino, J. D. (2002). Un enfoque ontológico y semiótico de la cognición matemática. *Recherches en Didactiques des Mathématiques*, 22, 237–284.

- Goldin, A. P., Hermida, M. J., Shalom, D. E., Costa, M. E., Lopez-Rosenfeld, M., Segretin, M. S., & Sigman, M. (2014). Far transfer to language and math of a short software-based gaming intervention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*, 6443–6448.
- Goldin, A. P., & López-Rosenfeld, M. (2017). Estimulación de procesos cognitivos en poblaciones infantiles. Incorporación de conocimiento neurocientífico para el desarrollo de contenido en plataformas digitales. In S. J. Lipina, M. Sigman, & D. Fernández-Slezak (Eds.), *Pensar las TIC desde la ciencia cognitiva y la neurociencia* (pp. 121–146). Buenos Aires: Gedisa.
- Goldin, A. P., Segretin, M. S., Hermida, M. J., Paz, L., Lipina, S. J., & Sigman, M. (2013). Training planning and working memory in third graders. *Mind, Brain, and Education*, *7*, 136–146.
- Hartshorne, J. K., & Germine, L. T. (2015). When does cognitive functioning peak? The asynchronous rise and fall of different cognitive abilities across the life span. *Psychological Science*, *26*, 433–443.
- Hermida, M. J., Segretin, M. S., Prats, L. M., Fracchia, C. S., Colombo, J. A., & Lipina, S. J. (2015). Cognitive neuroscience, developmental psychology, and education: Interdisciplinary development of an intervention for low socioeconomic status kindergarten children. *Trends in Neuroscience and Education*, *4*, 15–25.
- Hermida, M. J., Segretin, M. S., Soni García, A., & Lipina, S. J. (2016). Conceptions and misconceptions about neuroscience in preschool teachers: A study from Argentina. *Educational Research*, *58*, 457–472.
- Ison, M. S. (2010). *Ecoevaluación psicológica del contexto familiar. Aspectos teóricos y empíricos*. Adaptación argentina de la escala Fases III. Buenos Aires: Editorial Libros del Zorzal.
- Jacob, S. N., Vallentin, D., & Nieder, A. (2012). Relating magnitudes: The brain's code for proportions. *Trends in Cognitive Sciences*, *16*, 157–166.
- Ley de educación Nacional 26.206. (2006, diciembre 14) *Boletín Oficial de la República Argentina*. Buenos Aires, Argentina. Retrieved from http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2013/03/ley_de_educ_nac1.pdf
- Lopez-Rosenfeld, M., Goldin, A. P., Lipina, S. J., Sigman, M., & Slezak, D. F. (2013). Mate Marote: A flexible automated framework for large-scale educational interventions. *Computers & Education*, *68*, 307–313.
- Lopez-Rosenfeld, M., Goldin, A. P., Lipina, S. J., Sigman, M., & Slezak, D. F. (2014). MemoMarote: a working memory training game. En Torre (Presidencia). *XI Simposio sobre la Sociedad de la Información (SSI 2013) y 42 Jornadas Argentinas de Informática*. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Informática.
- Mantilla, J. (2018). La difusión de las neurociencias en Argentina: Un análisis de las motivaciones de los neurocientíficos para la comunicación pública de la ciencia. *Redes*, *24*(46), 87–104.
- Ministerio de Educación del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. (2012). *Diseño curricular para la escuela primaria: Segundo ciclo de la escuela primaria: Educación general básica/dirigido por Silvia Mendoza* (1a ed., 1a reimp). Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. (2019). *Marco nacional para la mejora del aprendizaje en Matemática* (1a ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Author. Retrieved from <https://www.educ.ar/recursos/132595/marco-nacional-para-la-mejora-del-aprendizaje-en-matematica?from=71>
- Mustaca, A. E. (2006). La psicología científica y el análisis del comportamiento en Argentina. *Avances en Psicología Latinoamericana*, *24*, 13–27.
- Näslund-Hadley, E., Cabrol, M., & Ibarra, P. (2009). *Beyond chalk and talk: Experimental math and science education in Argentina*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Nin, V., Goldin, A. P., & Carboni, A. (2019). Mate Marote: Video games to stimulate the development of cognitive processes. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, *14*, 22–31.
- OCDE. (2017). *Marco de Evaluación y de Análisis de PISA para el Desarrollo: Lectura, matemáticas y ciencias, Versión preliminar*. Paris: OECD Publishing.
- Pezzatti, M. L. (2018). *Aprendizaje de reglas matemáticas* (Doctoral dissertation). Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

- Sadovsky, P., & Sessa, C. (2005). The didactic interaction with the procedures of peers in the transition from arithmetic to algebra: A milieu for the emergence of new questions. *Educational Studies in Mathematics*, 59, 85–112.
- Schneider, E., Maruyama, M., Dehaene, S., & Sigman, M. (2012). Eye gaze reveals a fast, parallel extraction of the syntax of arithmetic formulas. *Cognition*, 125, 475–490.
- Secretaría de Evaluación Educativa. (2018). *Aprender 2017. Informe de resultados Secundaria*. Retrieved from https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/reporte_nacional_2017_secundaria_0.pdf
- Secretaría de Evaluación Educativa. (2019). *Argentina en PISA 2018. Informe de resultados*. Retrieved from https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/argentina_en_pisa_2018_informe_de_resultados.pdf
- Sigman, M. (2004). Bridging psychology and mathematics: Can the brain understand the brain? *PLoS Biology*, 2(9), e297.
- Sinclair, A., & Scheuer, N. (1993). Understanding the written number system: 6 year-olds in Argentina and Switzerland. *Educational Studies in Mathematics*, 24, 199–221.
- Soares, N., Evans, T., & Patel, D. R. (2018). Specific learning disability in mathematics: a comprehensive review. *Translational Pediatrics*, 7(1), 48–62.
- Steinberg, C. (2018). *La Investigación de la enseñanza de Lengua y Literatura y Matemática en la escuela secundaria en Argentina*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- Stelzer, F., Andrés, M. L., Canet Juric, L., Urquijo, S., & Marta Richards, M. (2019b). Influence of domain-general abilities and prior division competence on fifth-graders' fraction understanding. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 14, 489–500.
- Stelzer, F., Richard's, M., Andrés, M., Vernucci, S., & Introzzi, I. (2019a). Cognitive and maths-specific predictors of fraction conceptual knowledge. *Educational Psychology*, 1–19. doi:10.1080/01443410.2019.1693508
- Suasnábar, C., & Palamidessi, M. (2006). El campo de producción de conocimientos en educación en la Argentina. Notas para una historia de la investigación educativa. *Revista Educación y Pedagogía*, 18(46), 59–77.
- Universidad Nacional de Córdoba. (2019). *Neurociencias y Educación*. Córdoba, Argentina. Retrieved from <https://ffyh.unc.edu.ar/extension/2019/07/29/neurociencias-y-educacion/>
- Universidad Nacional de Hurlingham. (2018). *Curso de Posgrado Neurociencia del Aprendizaje*. Buenos Aires, Argentina. Retrieved from <http://www.unahur.edu.ar/es/curso-de-posgrado-neurociencias-del-aprendizaje>
- Universidad Torcuato Di Tella. (2019). *Introducción a la Neurociencia*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Retrieved from https://www.utdt.edu/ver_contenido.php?id_contenido=6691&id_item_menu=13263
- Valverde, G., & Näslund-Hadley, E. (2010). *La condición de la educación en matemáticas y Ciencias Naturales en América Latina y el Caribe*. BID Notas Técnicas 2011. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo, División de Educación.
- Verguts, T., & Fias, W. (2005). Interacting neighbors: A connectionist model of retrieval in single-digit multiplication. *Memory & Cognition*, 33, 1–16.
- Zimmerman, F., Shalom, D., Gonzalez, P. A., Garrido, J. M., Heduan, F. A., Dehaene, S., & Rieznik, A. (2016). Arithmetic on your phone: A large scale investigation of simple additions and multiplications. *PLoS One*, 11(12), e0168431.