

Studies in Psychology

Estudios de Psicología

ISSN: (Print) (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/redp20>

## Research on numerical cognition in Mexico (*Investigación sobre cognición numérica en México*)

Roberto A. Abreu-Mendoza

To cite this article: Roberto A. Abreu-Mendoza (2020): Research on numerical cognition in Mexico (*Investigación sobre cognición numérica en México*), Studies in Psychology, DOI: [10.1080/02109395.2020.1748999](https://doi.org/10.1080/02109395.2020.1748999)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/02109395.2020.1748999>



Published online: 18 Jun 2020.



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



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)



## Research on numerical cognition in Mexico (*Investigación sobre cognición numérica en México*)

Roberto A. Abreu-Mendoza 

Rutgers University-Newark

### ABSTRACT

In Mexico, by the end of compulsory education, half of the junior high school students attain the lowest level in international maths assessments. To reach a better understanding of how people learn mathematical skills and how to improve in teaching methods, researchers have looked at the intersection of cognitive psychology and maths education: the field of numerical cognition. However, there is a limited amount of research with Mexican students. This paper provides an overview of the studies published to date. This overview shows that research started with an interest in how to evaluate maths skills and identify children with maths difficulties; however, in the last five years, researchers have started to study younger and atypical populations using more diverse methods. The field of numerical cognition in Mexico is still emerging; however, in years to come, there should be additional informative and exciting research from laboratories in Mexico.

### RESUMEN

En México, al final de la educación obligatoria, la mitad de los alumnos de la escuela secundaria obtienen el nivel más bajo de las evaluaciones internacionales de matemáticas. Para tener una mejor comprensión de la forma en que las personas aprenden habilidades matemáticas, y conocer cómo mejorar los métodos de enseñanza, los investigadores han analizado la intersección de la psicología cognitiva y la enseñanza de las matemáticas: el campo de la cognición numérica. No obstante, existe únicamente un pequeño número de estudios con alumnos mexicanos. Este artículo ofrece un resumen de los estudios publicados hasta la fecha. Este resumen muestra que las investigaciones comenzaron a partir del interés en cómo evaluar las habilidades matemáticas e identificar a los niños con dificultades en esta asignatura; sin embargo, en los últimos cinco años los investigadores han comenzado a estudiar poblaciones más jóvenes y poblaciones atípicas utilizando métodos más diversos. El campo de la cognición numérica en México está aún en sus inicios; no obstante, en los próximos años los laboratorios de México podrán ofrecer investigaciones interesantes que ofrezcan información adicional.

### ARTICLE HISTORY

Received 23 January 2020

Accepted 27 January 2020

### KEYWORDS

assessment tools; executive functions; early numerical abilities; mathematical cognition and education; mathematical learning difficulties

### PALABRAS CLAVE

herramientas de evaluación; funciones ejecutivas; habilidades numéricas tempranas; cognición y enseñanza de las matemáticas; dificultades en el aprendizaje de las matemáticas

**CONTACT** Roberto A. Abreu-Mendoza  [roberto.abreu@rutgers.edu](mailto:roberto.abreu@rutgers.edu)  Department of Psychology, Rutgers University - Newark, 101 Warren Street, Newark, NJ 07103, USA

English version: pp. 1–11 / *Versión en español*: pp. 12–23

References / *Referencias*: pp. 23–26

Translation from English / *Traducción del inglés*: Julia Fernández Treviño

© 2020 Fundación Infancia y Aprendizaje

In José Emilio Pacheco's short story *El Principio del Placer* (*The Pleasure Principle*, Pacheco, 1972), we meet Jorge, a Mexican teenager who is keeping a diary on the recommendation of his teacher. He brags in the diary about his spelling and writing skills — none of the other students can write better compositions. He is average in English but terrible at maths. Unfortunately, Jorge is not the only teenager in Mexico struggling with maths. In fact, according to the results of the Programme for International Student Assessment (PISA) (INEE, 2015), half of fifteen-year-old students in Mexico have low performance in mathematics. Mexican nationwide assessments reach the same conclusion. Since its founding in 2004, the National Institute for Education Assessment (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, INEE) has reported a large percentage of students in the last year of junior high (*secundaria*) school whose maths scores are below the basic level. This number is significantly greater than those below the basic level in communication skills: in 2004, 51.1% of ninth-grade students scored below the basic level on the mathematics section of the Educational Quality and Achievement Examinations (*Exámenes de la Calidad y el Logro Educativos*, EXCALE), while only 32.7% showed such low performance on the communicative skills section (INEE, 2006). Thirteen years later, in 2017, the trend was still the same: 62% of students scored at the lowest level on the mathematics section of the National Plan for the Evaluation of Learning (*Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes*, PLANEA) assessment, while 34% were at that level on the communicative section (INEE, 2019). Although different assessments were used, they show students' abilities at similar levels. Students have difficulties with mathematical problems that involve more than one operation and those that involve fractions, and they have only rudimentary notions of algebra. Such low maths performance at the end of junior high school not only makes it difficult to learn more complex maths skills in high school, but it also reduces their future job opportunities. Research has shown that maths skills are related to employability, as they are important for white-collar jobs (Handel, 2016). Unfortunately, this will also be the highest level of formal maths instruction for a large percentage of people in Mexico, as the ninth grade is the country's mean educational level (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015).

Even though maths skills play such an important role, there are only a small number of studies investigating the relationship between cognitive and mathematical skills in the Mexican population. This paper provides an overview of the studies published to date. To include as many authors and studies as possible, authors were surveyed by email and through scientific platforms such as ResearchGate, and a literature search was performed. In three of the largest scholarly literature databases (Web of Knowledge, Scopus and Google Scholar), searches used a combination of the terms 'Mexican children/students/adolescents' and one or more of the following terms: 'mathematical abilities', 'mathematical performance', 'numerical abilities', 'working memory' and 'executive functions'. Studies conducted in Mexico were classified into one of the following categories: assessment, domain-general and domain-specific contributions, sociocultural variables, mathematical learning difficulties and Down syndrome. There is a long tradition of mathematical education research in Mexico; its origins can be traced back to the 1970s. However, as the aim of this paper was to review research on numerical cognition, and because there is already a recent review of that subject (Avila, 2016), papers focusing on education are not included here.

## Assessment

Apart from state assessments, mathematical abilities in Mexico have mostly been evaluated using subtests from intelligence or neuropsychological batteries. Examples of these assessments are the Mexican version of the Wechsler Intelligence Scale for Children-IV (WISC-IV, Wechsler, 2007) and the NEUROPSI: attention and memory test (*NEUROPSI: atención y memoria*, Ostrosky et al., 2012). However, the main purpose of most such assessments is not to evaluate maths abilities but to use performance as a proxy for an underlying cognitive process. For example, in the Arithmetic subtest of the WISC-IV, although participants are asked to mentally solve mathematical problems presented verbally, this subset is included in the working memory composite of the assessment. Similarly, in the Series subtest of the NEUROPSI, participants are asked to count from one to 40 in multiples of three; however, this subtest aims to evaluate attentional skills, not mathematical ones.

Other instruments that focus on precursors to academic abilities or basic maths skills have not been standardized or cover a limited age range. The Assessment of Children's Preparation for School (*Evaluación de la Preparación del Niño para la Escuela*), developed by Quintanar and Solovieva at the Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), focuses on the skills that children need to begin elementary education. Recently, Solovieva, Lázaro, and Quintanar (2013) used it to evaluate the precursors to formal maths skills of 97 children aged 5–6 years from three different types of schools: private, public and rural. The abilities tested were matching two sets of objects using a one-to-one correspondence strategy and making two sets with the same number by adding or subtracting elements from one or the other. Children could receive help from the experimenter if they needed it, as the assessment also aims to determine the skills that are in development. The authors found that most children from private schools did not need any kind of help to solve the tasks, but a large percentage of those from public and rural schools did. Another instrument to evaluate mathematical skills is the Academic Performance Inventory (*Inventario de Ejecución Académica*, IDEA, Guevara et al., 2008; Macotela, Bermúdez, & Castañeda, 2003). Its mathematical section allows for evaluation during the first three years of elementary school of four skills: the ability to compare two numerical quantities, the ability to identify tens, the ability to solve addition and subtraction problems and the ability to perform these operations when they are embedded in word problems.

The most widely used instruments to assess the mathematical abilities of Mexican children and adolescents are the Neuropsychological Assessment for Children (*Evaluación Neuropsicológica Infantil*, ENI, Matute, Rosselli, Ardila, & Ostrosky, 2007) and the Neuropsychological Assessment for Children-Preschool (*Evaluación Neuropsicológica Infantil-Pre escolar*, ENI, Matute, Rosselli, & Beltrán-Navarro, n.d.). The ENI is the product of a collaboration between the Universidad de Guadalajara (UdeG), the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) and Florida Atlantic University, and is a comprehensive collection of subtests that measures perception and short-term, long-term and working memory, as well as other cognitive processes of children aged 5–17. It also includes an academic achievement section that evaluates reading, writing and maths skills. Among the latter are counting, reading and writing numerals, comparing quantities, ordering quantities, mental calculation, written

calculation and maths problems. These subtests have shown to reliably identify maths learning difficulties (MLD) and have shown appropriate concurrent validity (Rosselli, Ardila, Matute, & Inozemtseva, 2009; Rosselli, Matute, Pinto, & Ardila, 2006). The ENI-P also has a set of subtests to evaluate early numerical abilities of children aged 2–4, including magnitude comparison, counting, subitizing and basic calculation, which have shown appropriate psychometric properties (Beltrán-Navarro, Abreu-Mendoza, Matute, & Rosselli, 2018).

Some limitations of the ENI are that its subtests have to be individually administered, making it difficult to evaluate large samples, and they do not include more complex maths than basic algebra, making it difficult to identify individuals with superior maths abilities in later stages of development. Recently, Abreu-Mendoza, Chamorro, and Matute (2019) group-administered the Maths Calculation subtest from the Wide Range Achievement Test-4 (WRAT-4, Wilkinson & Robertson, 2006) to 1,318 first-year high school students. The results provided normative scores for the subtest and cut-off scores to identify adolescents with MLD and mathematical talent. Using an exploratory factor analysis, they also identified three underlying factors of the WRAT-4, one that included arithmetic problems of like fractions and simple equations (fractions and basic algebra factor), another that involved transforming decimals to percentages or to fractions and solving arithmetic problems with proper fractions (rational numbers factor) and one that involved addition, subtraction, multiplication and division of multidigit numbers with and without decimals (arithmetic factor). Students' performance for these factors showed that in the first year of high school they are still in the process of learning how to solve arithmetic problems with rational numbers.

## Domain-general and domain-specific contributions

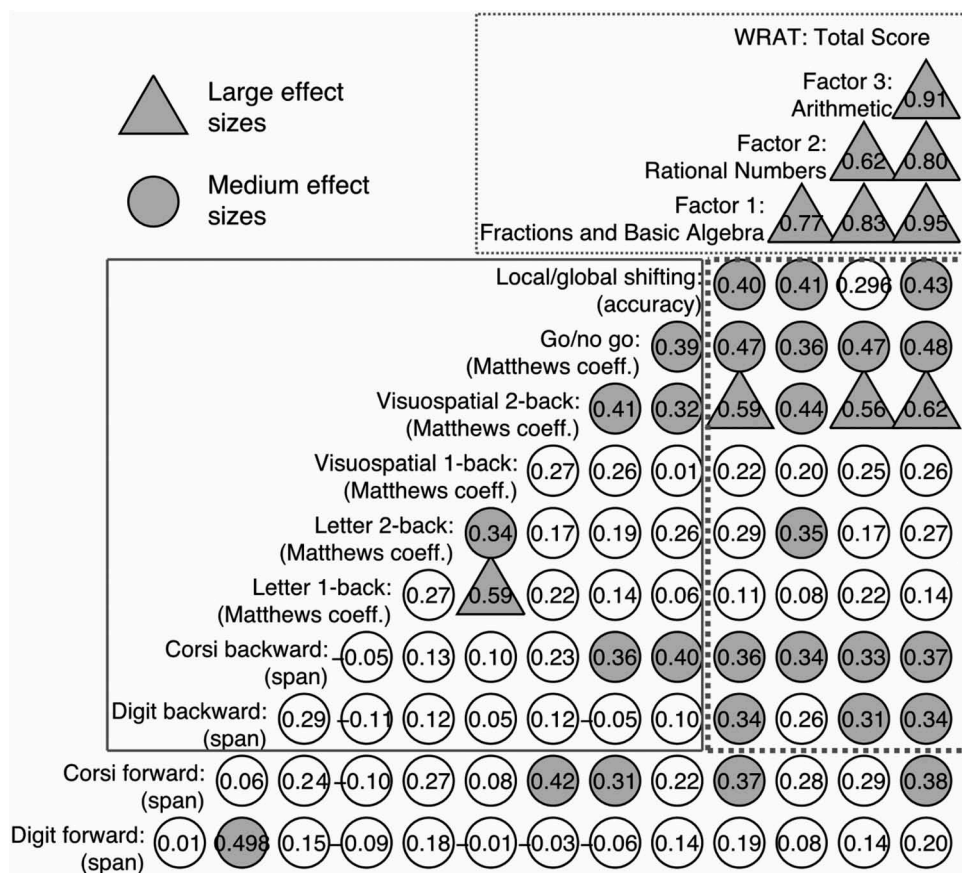
One of the first numerical skills that children learn is counting. Children go through a protracted process of about two years that starts when they learn how to recite the count list and ends when they learn that the last number word in the list represents the total number of objects in the collection they counted: that is, they learn the cardinal principle (Le Corre, Li, Huang, Jia, & Carey, 2016; Wynn, 1992). Two studies with Mexican children have expanded our understanding of this process. In the first, conducted at the UNAM Psycholinguistics Lab, Abreu-Mendoza, Soto-Alba, and Arias-Trejo (2013) investigated whether the ability to discriminate numerical quantities, an ability that is present from birth, was related to the acquisition of the cardinal principle, and whether this relationship was affected by perceptual features of the numerical stimuli. Seventy-seven preschoolers aged 3–5 solved a task in which they had to indicate which of two collections of figures had the largest quantity. Children saw the stimuli in one of three different conditions that control different perceptual features of the stimuli to be compared: density, total surface area or incongruent and congruent area. The results showed that regardless of these features, children who had acquired the cardinal principle had better numerical comparison abilities than those who had not. However, there was a caveat: when pitting against age and cardinality knowledge as predictors of numerical comparison skills, cardinality knowledge was a significant predictor for performance only in the total surface area condition. In the second study, Soto-Alba

and Le Corre<sup>1</sup> (Soto-Alba & Le Corre, 2019), at the Universidad Autónoma de Morelos (UEM), investigated the relationship between understanding that all numerically equal collections are in one-to-one correspondence and understanding the cardinal principle. They evaluated 17 children who knew the cardinal principle and eight who did not in a correspondence task that asked whether there were enough prizes for *each* doll. The dolls were visible, but the prizes were hidden inside a box. Their preliminary results showed that those who knew the principle were able to indicate that there was a one-to-one correspondence between two collections with the same numerical quantity. These results suggest that children who have learned the cardinal principle have a better understanding of numerical magnitudes that is reflected in their ability to compare quantities and their understanding of one-to-one correspondence.

A set of domain-general abilities that have consistently been associated with maths performance are executive functions (EFs). These abilities allow the planning and carrying out of goal-directed behaviours (Jurado & Rosselli, 2007). Although there is no consensus on the number of EFs, the framework of Miyake and Friedman (Miyake & Friedman, 2012) is one of the most widely used. Their framework proposes three EFs: shifting, the ability to switch from one mindset to another; updating, the ability to monitor and code incoming information; and inhibition, the ability to suppress dominant or prepotent responses. To study the contributions of these cognitive abilities, researchers have evaluated participants at the lower end of the maths skill distribution and contrasted them with those with typical performance. They also started to study participants with superior abilities, but it was unclear whether the same executive functions contributed to the whole continuum of maths skills. Recently, Abreu-Mendoza, Chamorro, Garcia-Barrera, and Matute (2018) studied 48 adolescents with different maths performance distributed equally across three groups: one with low maths performance (1.5 *SD* below the expected mean, according to their grade in school), another with typical performance and a third group with high performance (1.5 *SD* above the mean). Participants were evaluated with several measures of EFs that included visual and verbal working memory (updating), shifting and inhibition. Figure 1 shows the correlation coefficients for the relationships between maths performance, as measured by the WRAT-4 and its factors, and the various measures of EFs. Although the three components of the EFs had a medium-to-strong association with maths performance, visual working memory, as measured by a visuospatial 2-back task, was the one with the largest contribution. In the group comparisons, however, visuospatial working memory contributed only to the difference in maths performance between the typical and low-performance groups. Interestingly, the typical and high-performance groups only differed in shifting.

Domain-general mechanisms have also been investigated through study of the electrophysiological correlates of arithmetical skills. In a collaboration between the Facultad de Estudios Superiores-Iztacala and the Instituto de Neurobiología at UNAM, Prieto-Corona et al. (2010) compared arithmetical fact retrieval strategies of nine-year-old children and young adults. Previous studies have shown (Niedeggen & Rösler, 1999) that two event-related brain potentials (ERPs) appear while the young adults judge whether solutions for single-digit multiplication problems are correct: the arithmetic N400, which shows a higher amplitude for incorrect than correct solutions, and the late positive component (LPC), which also shows a higher amplitude for





**Figure 1.** Pearson correlation coefficients between executive function tasks (solid line), between the factors on the Maths Computation subtest of the WRAT-4 (small dotted line) and between executive function tasks and maths factors (large dotted line). Correlations with values  $> .3$  have  $p < .05$ ; those with values  $> .4$  have  $p < .01$ ; those with values  $> .5$  have  $p < .001$ . Reprinted from *The contributions of executive functions to mathematical learning difficulties and mathematical talent during adolescence*, R.A. Abreu-Mendoza, Y. Chamorro, M. García-Barrera, and E. Matute, PLoS ONE 13(12): e0209267. Copyright © 2018 by Abreu-Mendoza et al.

incorrect than correct solutions and is associated with a verification process. Consistent with these findings, in the study of Prieto-Corona et al., adults showed the two ERP effects; however, children showed an N400 effect with a latency that was longer and more widely distributed than in adults. Children showed the LPC effect only for correct responses, while adults, consistent with the previous findings, showed it for incorrect responses. Based on these results, the authors suggested that children's N400 effect may reflect a slower memory retrieval, requiring more effort, while the inverse pattern found in the LPC effect suggests that children may only verify responses that are familiar to them while adults verify those that do not fit their predictions. In another electrophysiological study, Molina Del Río, Guevara, Hernández González, Hidalgo Aguirre, and Cruz Aguilar (2019), of the UdeG Instituto de Neurociencias, investigated the activation and electroencephalographic correlation of young men while they solved simple and

complex mathematical problems. Simple problems involved one operation with single-digit numbers, while complex problems involved three or more operations with two-digit numbers. Their results showed that complex problems were related to a higher absolute power of the theta and alpha bands in frontal and parietal areas, key areas of maths cognition, and higher connectivity. These results are consistent with studies relating theta bands with information maintenance and alpha bands with attentional processes.

## Gender and sociocultural variables

Not all individual differences in maths performance are related to cognitive factors. There are demographic variables that play major roles, including gender and socioeconomic status (SES). There has been much controversy about male outperformance in maths abilities; some authors have suggested that it might depend on participants' ages and the area of maths that is being measured: studies have shown that in the early stages of development, boys and girls do not show differences in maths performance (Hyde, Lindberg, Linn, Ellis, & Williams, 2008). It is only in later stages of development, when more advanced maths is measured, that these differences can be found (Hyde, Fennema, & Lamon, 1990). Three studies from the UdeG Neuropsychology and Neurolinguistics lab are consistent with these results. Beltrán-Navarro et al. (2018) compared the performance of boys and girls of the standardization sample: 307 children aged 2–4. The results showed no differences across any of the four ENI-P numerical subtests. However, analysing the performance on the Maths Calculation subtest of the WRAT of 15–16-year-olds in the first year of high school, Abreu-Mendoza et al. (2019) found a small but reliable outperformance by boys (Cohen's  $d = 0.34$ ). Finally, seeking further support for the interaction effect between age and gender on maths performance, Rosselli et al. (2009) compared the performance of boys and girls, divided into one group of young children (7–10 years) and another of older children (13–16), across six maths measures of the ENI. Their results showed gender differences only in two measures: mental maths and arithmetic problems. More importantly, there was an age and gender interaction in the Arithmetical Problem subtest: boys and girls of the younger group had similar performance; however, in the older group, boys outperformed girls.

Gender differences in maths performance may also be linked to differences between boys and girls in their attitudes towards maths, as they may promote or inhibit its learning process. To investigate differences in these affective factors (attitudes towards maths and self-confidence in mathematics) between boys and girls, Ursini and Sánchez (2008), of the Department of Mathematical Education at the Centro de Investigación y de Estudios Avanzados of the Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN), followed 430 students from grades 7 to 9. Using questionnaires and interviews, they evaluated students' self-confidence in and attitudes towards maths and computer-based maths. The students were also divided into two groups. Both groups worked with maths activities related to the curriculum, but one of them used Excel or Cabri-Geometry. The results showed that students' attitudes towards maths improved from grade 7 to 8 but then declined from grade 8 to 9. Importantly, gender differences, favouring boys, were



found only in the group using Excel or Cabri-Geometry, but in grade 8, girls in this group showed more positive attitudes towards maths than those in the other group.

National assessments have highlighted the relationship between socioeconomic status (SES), usually measured as maternal education, and children's mathematical attainment. Children of mothers with higher education levels scored higher on the PLANEA assessment (INEE, 2019). Recently, Beltrán-Navarro et al. (2018) also found SES differences in earlier stages of development: children aged 2.5–5 of mothers with an educational level above the national average of nine years scored higher than those below the average on three of the four subtests of the ENI-P: magnitude comparison, subitizing and counting. Similarly, Jimenez Lira (2016)<sup>2</sup> found that maternal education correlated with six-year-olds' early numerical skills.

What could the factors be that contribute to these differences? Studies with children in the US and Canada have shown a link between home numeracy practices and children's early numerical abilities (LeFevre, Polyzoi, Skwarchuk, Fast, & Sowinski, 2010). Jimenez Lira (2016) extended these results to a Mexican population. In her study, she investigated this link in Mexican and Canadian preschoolers. Unexpectedly, numeracy at home was not related to Mexican children's numerical skills, but only to those of Canadian children. A similar result was found in a sample of children of Latino immigrants, mostly Mexicans (84%), living in the US (Lopez, Gallimore, Garnier, & Reese, 2007). In this study, the authors found that home activities did not predict children's maths scores at grades 1 and 2, but family resources, which comprised parents' education level and their occupation, did. A possible explanation might be related to the Mexican parenting style. According to qualitative studies, Mexican parents prepare their children by teaching them how to behave well and be respectful with adults, instead of focusing on academic skills (Cycyk & Hammer, 2018), suggesting that differences in resources (e.g., books, access to education), rather than parental interactions, might be driving SES effects.

## Mathematical learning difficulties

In a context like Mexico, with a large percentage of students who underperform in mathematics, it is problematic to talk about mathematical learning difficulties (MLD). While there may be a neurobiological origin for MLD, the struggle of most of these Mexican students is likely to be related to social factors. However, a subset of these students might still underperform in maths, even with appropriate educational opportunities and normal IQ. One difficulty of studying learning disorders is that authors commonly use different definitions of MLD. There is also another problem in identifying individuals with MLD: the Mexican Secretary of Public Education (SEP) does not recognize specific learning difficulties. In its most recent glossary of special education terms (Comisión de Política Gubernamental en Materia de Derechos Humanos, n.d.) there are no terms related to specific learning disorders; in the SEP special needs checklist there are no items referring to numerical development of children in the preschool years. Despite these difficulties, labs at the UdeG Instituto de Neurociencias and the UNAM Instituto de Neurobiología have conducted studies of children and adolescents with MLD.

The UdeG Neuropsychology and Neurolinguistics lab was one of the first in Mexico to conduct a study of children with MLD. In the only prevalence study of MLD in

Mexico, Matute, Pinto, and Zarabozo (2006) evaluated 2,880 children from 15 different schools aged 9–12, using the Maths Computation subtest from the third edition of the WRAT (Wilkinson, 1993). In this sample, using a cut-off score of 2 *SD* below the mean and IQ at least 90, they found a 2.1% prevalence of MLD. In another study, Rosselli et al. (2006) described the cognitive profile of children with MLD with and without reading difficulties. They evaluated a group of 13 children with MLD and a reading disability (2 *SD* below the mean on a standardized reading test), 17 children with MLD only and 20 children in a control group. Using measures from the ENI, they found that although children with and without a reading disability had a similar cognitive profile, children with that disability differed from the control group in their semantic and visual memories, while both MLD groups differed from the control group in measures of working memory. There have also been efforts at the Instituto de Neurociencias to characterize MLD and electrophysiological level. Recently, the Laboratory of Clinical Neurophysiology reported ERP components (Gómez-Velázquez, Berumen, & González-Garrido, 2015), EEG coherence (González-Garrido et al., 2018) and brain connectivity (Gómez-Velázquez et al., 2017) of 40 elementary school children with different maths performance levels comparing symbolic and non-symbolic numerical quantities. Their results showed that children with low performance show lower P2P and P3 amplitudes, but more extended coherence topographic patterns that involve mainly frontoparietal areas, and higher connectivity in these areas.

Although most studies characterize MLD as a specific disorder, the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders-5 (American Psychiatric Association, 2013) does not consider learning disorders (LD) as specific; they are defined as a substantially low performance in reading, mathematics and/or written expression on a standardized test. Following this definition, Roca-Stappung, Fernández, Bosch-Bayard, Harmony, and Ricardo-Garcell (2017), of the UNAM Instituto de Neurobiología, characterized the resting EEG patterns of 85 children aged 8–11 with LD. Children were originally referred by their teachers due to low academic performance and had to score at least low average on one of the academic achievement scales of the ENI, have a full-scale intelligence quotient (FSIQ) above 70 and not have ADHD to be included in the study. The authors used a data-driven approach with cluster analyses. The solution resulted in three groups: one with normal FSIQ but low writing speed and numerical management scores; a second group with normal FSIQ but low reading performance in addition to the difficulties of the first; and a third group with low IQ (average 83.23) and a score below average on all the measured tasks except counting. Interestingly, the area that most distinguished the third group from the first two was arithmetic. At the physiological level, children from this group showed higher absolute power in the delta, theta and beta bands, but low absolute power in the alpha band, which, as the authors noted, may suggest a lag in brain maturity.

### **Numerical abilities in Down syndrome**

Children with Down syndrome (DS) have difficulty learning numerical and mathematical abilities (Porter, 2019), specifically, in comparing small quantities (Karmiloff-Smith et al., 2012; Sella, Lanfranchi, & Zorzi, 2013), counting (Porter, 1999) and solving arithmetical problems (Paterson, Girelli, Butterworth, & Karmiloff-Smith, 2006). In recent years, the UNAM Psycholinguistics lab has sought to understand the origins of these difficulties. In

a set of studies, Abreu-Mendoza and Arias-Trejo have investigated whether the precursors to counting are preserved in children with DS. In their first study (Abreu-Mendoza & Arias-Trejo, 2015), they investigated whether numerical and area comparison skills were preserved in DS. They evaluated 16 children with DS and contrasted their performance with two groups, one matched by mental age and one by chronological age. Children participated in two tasks: one that required comparing the area of two objects and another the number of objects in two collections. Consistent with previous findings with typically developing children (Odic, Libertus, Feigenson, & Halberda, 2012), their results showed that children from the three groups were better at the area comparison task than at the number comparison task. Crucially, there were no differences between the group of children with DS and the group of typically developing children matched by mental age.

If area and numerical comparison skills are preserved in children with DS, what could explain their difficulty in acquiring the ability to count? Research with typically developing children has shown that before they learn the cardinal principle, children understand other aspects of counting. In one study (Slaughter, Itakura, Kutsuki, & Siegal, 2011), infants around 18 months of age preferred to watch a video that shows a hand pointing to a series of fish while saying the number words in their native language over videos that incorrectly point to a fish more than once, that use number words in a different language or that use *beep* sounds instead of number words. This pattern of results suggests that before this age, children learn that distinct number words must be assigned to each object while counting (the one-to-one correspondence principle). In a second study, Abreu-Mendoza and Arias-Trejo (2017) investigated whether the counting difficulties of children with DS were related to a lack of understanding of this principle. They evaluated three groups of 16 children each: one group of children with DS who did not recite the count list and two groups who recited the count list to 10 — one of children with DS and one of typically developing children. Using a design similar to that of Slaughter et al. (2011), children were assigned to one of two conditions. In the number condition, they saw videos that either showed a hand correctly pointing to six fish while reciting the number words from one to six or showed a hand pointing only to two fish while counting to six. In the *beep* condition, the number words were replaced by *beep* sounds. Their results showed that children from the three groups preferred to look at videos where the hand correctly pointed to all the fish when they heard the number words. These results replicate those by Slaughter et al. (2011) and suggest that like typically developing children, children with DS understand the one-to-one correspondence principle before learning the count list. In a second experiment in the same study, the authors looked at the relationship between receptive vocabulary and number word knowledge in DS. In typically developing children, it has been reported that larger receptive and expressive vocabularies are associated with a better understanding of number words (Negen & Sarnecka, 2012). Replicating these findings, they showed that children with larger receptive vocabularies understand more number words.

## Final remarks and future direction

The field of mathematical cognition in Mexico is still emerging. Although its origins can be traced back to the seminal work of Matute and colleagues more than a decade

ago (Matute et al., 2006; Rosselli et al., 2006), the impact of this work outside the academic community has been small. Other developmental disorders, such as attention deficit hyperactivity disorder and autism spectrum disorder have been recognized by the Mexican Secretary of Public Education; however, specific learning disabilities have not. Thus, the number of Mexican children and adolescents that might have these difficulties and their long-term impact are unknown.

Only recently, cognitive factors have started to permeate the education sphere. For instance, in its latest version of the common curriculum for compulsory education, the Mexican Secretary of Public Education included terms like ‘working memory’, ‘sustained attention’ and ‘cognitive flexibility’ (Secretaría de Educación Pública, 2017). How these terms will be incorporated and what their impact will be on the teachers’ daily activities is yet to be seen. Future work should keep in mind the question of how research results can be made more accessible to teachers and administrators to make informed curriculum changes.

Recently, for example, Hawes, Merkley, Stager, and Ansari (2019) implemented a teacher professional development programme to educate kindergarten teachers about issues of numerical cognition. Their intervention not only had a positive effect on teachers’ knowledge but also on their students. These kinds of studies could complement research/intervention models that not only have studied teachers’ mathematical skills (e.g., understanding of fractions and decimals) but also implemented workshops to improve them (Alatorre, Mendiola, Moreno, Sáiz, & Torres, 2011; Alatorre & Saíz, 2008).

There is also a need for multidisciplinary work and communication among different fields in Mexico: a quick search of the term ‘working memory’ in one of the major Mexican maths education journals gave zero results; likewise, in none of the papers reviewed here were different educational practices considered as an independent variable. There is also an urgent need to include children from different educational backgrounds. Children and adolescents from rural areas account for 10% of those that attend educational institutions (INEE, 2015). Except for the work conducted by Solovieva and colleagues (Solovieva et al., 2013), all the research presented here evaluated participants in urban contexts. Recent years have shown increased interest in the area of numerical cognition; most of the research presented here was published in the last five years. In years to come there should be additional informative and exciting research from laboratories in Mexico.

## Notes

1. Dr. Mathieu Le Corre is now a professor at UNAM.
2. Dr. Carolina Jimenez-Lira is now a professor at Universidad Autónoma de Chihuahua.

## Investigación sobre cognición numérica en México

En el cuento de José Emilio Pacheco *El Principio del Placer* (Pacheco, 1972), conocemos a Jorge, un adolescente mexicano que lleva un diario por recomendación de su maestro. En ese diario presume sobre sus habilidades de ortografía y redacción, ningún otro estudiante puede escribir mejores composiciones que él. Él es un alumno con desempeño promedio en las clases de inglés pero terrible en matemáticas. Desafortunadamente, Jorge no es el único adolescente en México que tiene problemas con las matemáticas. De hecho, de acuerdo con los resultados del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes o Informe PISA (INEE, 2015), la mitad de los alumnos de 15 años en México tienen un bajo rendimiento en matemáticas. Las evaluaciones a nivel nacional realizadas en México llegan a la misma conclusión. Desde su fundación en 2004, el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) ha reportado un gran porcentaje de alumnos del último año de la escuela secundaria cuyas puntuaciones en matemáticas son inferiores al nivel básico. Este número es significativamente mayor que el de aquellos que se encuentran por debajo del nivel básico en habilidades de comunicación: en 2004, el 51.1% de los alumnos de noveno grado tuvieron una puntuación inferior al nivel básico en la sección de matemáticas de los Exámenes de la Calidad y el Logro Educativos, (EXCALE), mientras que solamente el 32.7% mostraron un rendimiento igual de bajo en la sección de habilidades de comunicación (INEE, 2006). Trece años más tarde, en 2017, la tendencia era la misma: el 62% de los alumnos tuvieron puntuaciones inferiores al nivel más bajo de la sección de matemáticas del Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes, (PLANEA) mientras que el 34% estaban a ese nivel en la sección de comunicación (INEE, 2019). Aunque se utilizaron diferentes evaluaciones, todas muestran las habilidades de los alumnos en niveles similares. Los alumnos tienen dificultades con los problemas de matemáticas que implican más de una operación y con los que incluyen fracciones, y tienen nociones rudimentarias de álgebra. El tener este bajo rendimiento en matemáticas al término de la escuela secundaria no sólo dificulta aprender habilidades matemáticas más complejas en los siguientes años escolares, también reduce sus futuras oportunidades laborales. Investigaciones han mostrado que las habilidades en matemáticas se relacionan con la capacidad de inserción laboral, ya que son importantes para los puestos administrativos (Handel, 2016). Desafortunadamente, este también será el nivel más alto de la enseñanza formal de matemáticas para un gran porcentaje de personas en México, ya que el noveno grado es el nivel educativo medio del país (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015).

Pese a que las habilidades en matemáticas desempeñan un rol importante, existe sólo un pequeño número de estudios que investigan la relación entre las habilidades cognitivas y las matemáticas en la población mexicana. Este artículo ofrece un resumen

de los estudios publicados hasta la fecha. Para incluir la mayor cantidad posible de autores y de estudios, los autores fueron encuestados a través de correo electrónico y de plataformas científicas como ResearchGate, y se realizó una búsqueda de literatura. En tres bases de datos de literatura académica (Web de Knowledge, Scopus, y Google Scholar), las búsquedas incluyeron una combinación de los términos en inglés ‘niños/alumnos/adolescentes mexicanos’ y uno o más de los siguientes términos: ‘habilidades matemáticas’, ‘rendimiento en matemáticas’, ‘habilidades numéricas’, ‘memoria operativa’, y ‘funciones ejecutivas’. Los estudios realizados en México fueron clasificados dentro de una de las siguientes categorías: evaluación, contribuciones de dominio general y de dominio específico, variables de género y socioculturales, dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, y síndrome de Down. Existe una larga tradición de investigación de la enseñanza de las matemáticas en México. Sus orígenes pueden rastrearse hasta la década de 1970. No obstante, dado que el objetivo de este artículo fue analizar la investigación sobre cognición numérica y debido a que ya existe un análisis reciente de dicho tema (Avila, 2016), los artículos que se centran en la educación no se incluyen aquí.

## **Evaluación**

Aparte de las evaluaciones nacionales, las habilidades matemáticas en México han sido principalmente evaluadas utilizando subpruebas de inteligencia o baterías neuropsicológicas. Ejemplos de dichas evaluaciones son la versión mexicana de la escala de inteligencia Wechsler para niños-IV (WISC-IV, Wechsler, 2007) y NEUROPSI: atención y memoria (Ostrosky et al., 2012). Sin embargo, el propósito principal de la mayoría de dichas evaluaciones no es evaluar las habilidades en matemáticas, sino utilizar el desempeño en éstas como un indicador de un proceso cognitivo subyacente. Por ejemplo, en la subprueba de Aritmética de WISC-IV, a pesar de que los participantes deben resolver mentalmente problemas matemáticos presentados de forma verbal, esta subprueba se incluye en el compuesto memoria operativa de la evaluación. De forma similar, en la subprueba Series del NEUROPSI, los participantes deben contar de 1 a 40 en múltiplos de tres; no obstante, esta subprueba tiene como objetivo evaluar habilidades atencionales y no habilidades matemáticas.

Otros instrumentos que se han enfocado en precursores de las habilidades académicas o en habilidades matemáticas básicas no han sido estandarizados y cubren un rango de edad limitado. La Evaluación de la preparación del niño para la escuela, desarrollada por Quintanar y Solovieva en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), se centra en las habilidades que los niños necesitan para comenzar la educación primaria. Recientemente, Solovieva, Lázaro, y Quintanar (2013) la utilizaron para evaluar los precursores de las habilidades matemáticas formales de 97 niños de cinco a seis años de edad de tres diferentes tipos de escuelas: privadas, públicas y rurales. Las habilidades evaluadas consistían en combinar dos conjuntos de objetos utilizando una estrategia de correspondencia de uno a uno, y formar dos conjuntos con el mismo número añadiendo o quitando elementos de uno u otro. Los niños podían recibir ayuda del experimentador si la necesitaban, ya que la evaluación también tenía el objetivo de determinar las habilidades en desarrollo. Los autores observaron que la mayoría de los niños de las escuelas



privadas no necesitaron ningún tipo de ayuda para resolver las tareas, pero un alto porcentaje de los que procedían de escuelas públicas y rurales sí la necesitaron. Otro instrumento para evaluar habilidades matemáticas es el (Inventario de Ejecución Académica, IDEA, Guevara et al., 2008; Macotela, Bermúdez, & Castañeda, 2003). Su sección de matemáticas permite evaluar durante los primeros tres años de la escuela primaria cuatro habilidades: comparar dos cantidades numéricas, identificar decenas, resolver problemas de suma y resta, y realizar estas operaciones cuando están incluidas en problemas verbales.

Los instrumentos más utilizados para evaluar las habilidades matemáticas de niños y adolescentes mexicanos son la Evaluación Neuropsicológica Infantil, ENI, (Matute, Rosselli, Ardila, & Ostrosky, 2007) y la Evaluación Neuropsicológica Infantil-Preescolar, ENI, Matute, Rosselli, & Beltrán-Navarro, n.d.). La ENI es producto de una colaboración entre la Universidad de Guadalajara (UdeG), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y la Florida Atlantic University, y es una exhaustiva colección de subpruebas que miden la percepción a corto y largo plazo, la memoria operativa, y también otros procesos cognitivos de niños de cinco a 17 años de edad. También incluye una sección de logros académicos para evaluar las habilidades de lectura, escritura y matemáticas. Entre estas últimas se encuentran contar, leer y escribir cifras, comparar cantidades, ordenar cantidades, hacer cálculos mentales, cálculos escritos y problemas de matemáticas. Estos subpruebas identifican de forma fiable las dificultades del aprendizaje de las matemáticas y tienen una validez concurrente apropiada (Rosselli, Ardila, Matute, & Inozemtseva, 2009; Rosselli, Matute, Pinto, & Ardila, 2006). La ENI-P también tiene un conjunto de subpruebas para evaluar el desempeño en lectura, escritura y matemáticas de niños de dos a cuatro años de edad, incluyendo comparar magnitudes, contar, subitizar y hacer cálculos básicos, que han demostrado tener propiedades psico-métricas adecuadas (Beltrán-Navarro, Abreu-Mendoza, Matute, & Rosselli, 2018).

Algunas limitaciones de la ENI son que las subpruebas deben ser administradas individualmente, lo que dificulta evaluar muestras grandes, además de no incluir matemáticas más complejas que el álgebra básica, lo que dificulta identificar a individuos con habilidades superiores para las matemáticas en etapas posteriores del desarrollo. Recientemente, Abreu-Mendoza, Chamorro, y Matute (2019) administraron grupalmente la subprueba de Cálculos Matemáticos del Wide Range Achievement Test-4 (WRAT-4, Wilkinson & Robertson, 2006) a 1,318 alumnos del primer año de enseñanza preparatoria. Los resultados ofrecieron puntuaciones normativas para la subprueba, y punto de corte para identificar a los adolescentes con DAM y talento para las matemáticas. Utilizando un análisis factorial exploratorio, identificaron también tres factores subyacentes del WRAT-4, uno de los cuales incluía problemas aritméticos como fracciones iguales y ecuaciones simples (factor de fracciones y álgebra básica), otro incluía transformar decimales en porcentajes o fracciones, y resolver problemas aritméticos con fracciones apropiadas (factor de números racionales), y el restante incluía sumar, restar, multiplicar y dividir números de muchos dígitos con y sin decimales (factor aritmético). El rendimiento de los alumnos en estos factores mostró que en el primer año de la escuela preparatoria los alumnos todavía están en proceso de aprender cómo resolver problemas con números racionales.

## Contribuciones de dominio general y de dominio específico

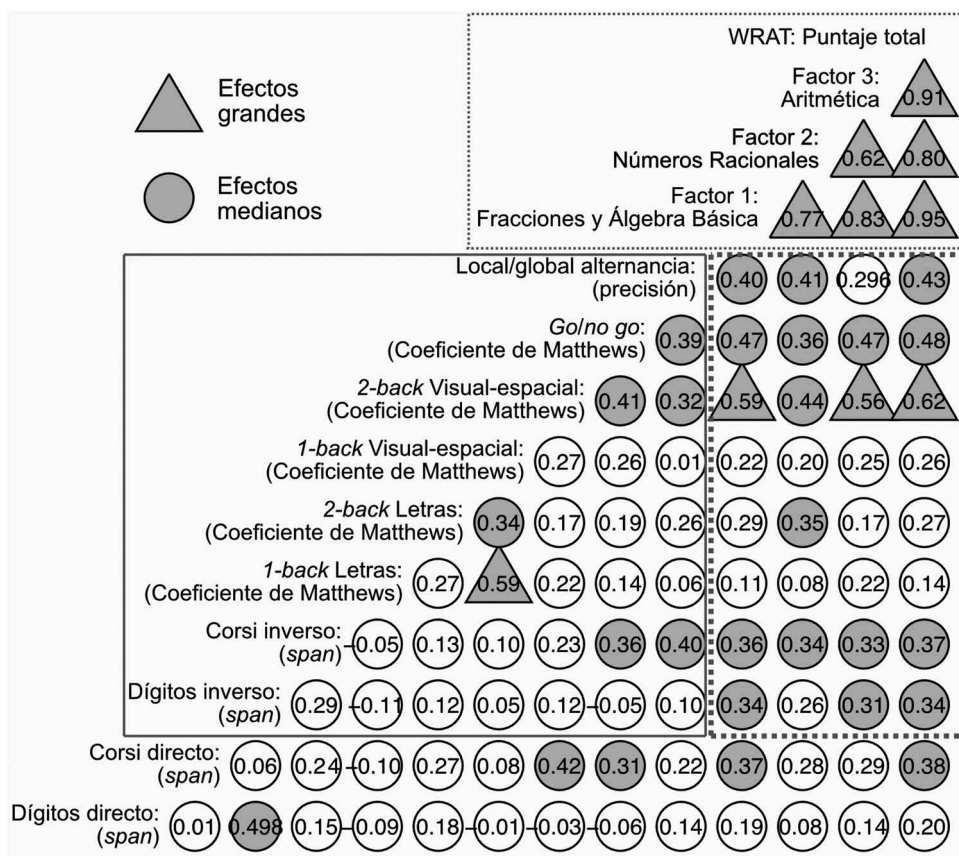
Una de las primeras habilidades numéricas que aprenden los niños es contar. Los niños pasan por un proceso prolongado de aproximadamente dos años, que comienza cuando aprenden a recitar la lista de conteo y termina cuando aprenden que la última palabra enunciada en la lista de conteo representa el número total de objetos que hay en la colección que han contado: es decir, aprenden el principio de cardinalidad (Le Corre, Li, Huang, Jia, & Carey, 2016; Wynn, 1992). Dos estudios con niños mexicanos han ampliado nuestra comprensión de este proceso. En el primero de ellos realizado en el Laboratorio de Psicolingüística de la UNAM, Abreu-Mendoza, Soto-Alba, y Arias-Trejo (2013) investigaron si la habilidad para discriminar cantidades numéricas, una habilidad que está presente desde el nacimiento, estaba asociada a la adquisición del principio de cardinalidad, y si esta relación se ve afectada por características perceptuales de los estímulos numéricos. Setenta y siete preescolares de tres a cinco años de edad resolvieron una tarea en la cual tenían que indicar cuál de dos colecciones de figuras tenía la cantidad más grande. Los niños veían los estímulos en una de tres diferentes condiciones que controlaban diferentes características perceptuales de los estímulos que se debían comparar: densidad, superficie total, o área incongruente y congruente. Los resultados mostraron que independientemente de estas características, los niños que habían adquirido el principio de cardinalidad tenían mejores habilidades para comparar números que aquellos que no lo habían aprendido. No obstante, había una particularidad: cuando se utilizaba la edad y el principio de cardinalidad como predictores de las habilidades de comparación numérica, el conocimiento de cardinalidad fue un predictor significativo únicamente para los desempeños en la condición de superficie total. En el segundo estudio Soto-Alba y Le Corre<sup>1</sup> (Soto-Alba & Le Corre, 2019), de la Universidad Autónoma de Morelos (UEM), investigaron la relación entre la comprensión de que todas las colecciones que son numéricamente iguales tienen una correspondencia de uno a uno, y la comprensión del principio cardinal. Evaluaron a 17 niños que conocían el principio de cardinalidad y a ocho que no lo conocían, presentándoles una tarea de correspondencia en la que les preguntaban si había regalos suficientes para *cada* muñeca. Las muñecas estaban a la vista del niño pero los regalos estaban ocultos en una caja. Los resultados preliminares mostraron que aquellos que conocían el principio eran capaces de indicar que había una correspondencia de uno a uno entre las dos colecciones con la misma cantidad numérica. Estos resultados sugieren que los niños que han aprendido el principio de cardinalidad tienen una mejor comprensión de las magnitudes numéricas y esto se refleja en su habilidad para comparar cantidades y en su comprensión de la correspondencia de uno a uno.

Un conjunto de habilidades de dominio general que han sido consistentemente asociadas al rendimiento en matemáticas son las funciones ejecutivas (FE). Estas habilidades permiten la planificación y la puesta en práctica de conductas dirigidas a metas (Jurado & Rosselli, 2007). Aunque no hay ningún consenso sobre el número de FE, el marco teórico de Miyake y Friedman (Miyake & Friedman, 2012) es uno de los más utilizados. Su marco propone tres FE: alternancia, la capacidad para cambiar de una a otra forma de pensar; actualización, la capacidad de monitorear y codificar la información recibida; e inhibición, la capacidad para suprimir

respuestas dominantes o prepotentes. Para estudiar las contribuciones de estas habilidades cognitivas los investigadores han evaluado a participantes que están en el extremo inferior de la distribución de las habilidades de matemáticas y los han comparado con aquellos que tienen un rendimiento normal. También han empezado a estudiar a participantes con habilidades superiores; sin embargo aún no es claro si las mismas funciones ejecutivas contribuyen a todo el continuo de las habilidades matemáticas.

Recientemente, Abreu-Mendoza, Chamorro, Garcia-Barrera, y Matute (2018) estudiaron a 48 adolescentes con diferente rendimiento en matemáticas distribuidos equitativamente en tres grupos: uno con rendimiento bajo en matemáticas (1.5 *DE* por debajo de la media esperada, conforme a su grado escolar), otro con rendimiento típico, y un tercer grupo con rendimiento alto (1.5 *DE* por encima de la media esperada). Los participantes fueron evaluados con diversas medidas de FE que incluyeron memoria operativa visual y verbal (actualización), alternancia, e inhibición. La [Figura 1](#) muestra los coeficientes de correlación para las relaciones entre el rendimiento en matemáticas, medido mediante el WRAT-4 y sus factores, y las diversas medidas de FE. Aunque los tres componentes de las FE tenían una asociación media a fuerte con el rendimiento en matemáticas, la memoria operativa visual, tal como es medida por una tarea visual-espacial *2-back*, fue la que tuvo la mayor contribución. En las comparaciones de grupo, no obstante, la memoria operativa visual-espacial contribuyó solamente a la diferencia en el rendimiento en matemáticas entre los grupos de rendimiento normal y bajo. Lo que resulta interesante es que los grupos de rendimiento normal y alto sólo se diferenciaron en la tarea de alternancia.

Los mecanismos de dominio general también han sido investigados a través del estudio de los correlatos electrofisiológicos de las habilidades aritméticas. En una colaboración entre la Facultad de Estudios Superiores-Iztacala y el Instituto de Neurobiología de la UNAM, Prieto-Corona et al. (2010) compararon las estrategias de recuperación de datos aritméticos de niños de nueve años y adultos jóvenes. Estudios previos han demostrado (Niedeggen & Rösler, 1999) que dos potenciales cerebrales relacionados con eventos (PREs) surgen cuando los jóvenes adultos juzgan si las soluciones para los problemas de multiplicación de un solo dígito son correctas: el N400 aritmético, que revela una amplitud mayor para soluciones incorrectas que correctas, y el componente positivo tardío (LPC, por sus siglas en inglés), que también evidencia una mayor amplitud para soluciones incorrectas que correctas y está asociado a un proceso de verificación. Acorde con estos hallazgos, en el estudio de Prieto-Corona et al., los adultos evidenciaron los dos efectos PRE; no obstante, los niños mostraron un efecto N400, con una latencia que se distribuyó durante más tiempo y más ampliamente que los adultos. Los niños mostraron el efecto LPC solamente para las respuestas correctas, mientras que los adultos, consistente con los hallazgos previos, lo mostraron para las respuestas incorrectas. Con base en estos resultados, los autores sugirieron que el efecto N400 de los niños podría reflejar una recuperación más lenta de la memoria, que requiere más esfuerzo, mientras que el patrón inverso hallado en el efecto LPC sugiere que los niños solamente pueden verificar respuestas que les resultan familiares mientras que los adultos verifican aquellas que no se ajustan



**Figura 1.** Coeficientes de Correlación de Pearson entre las tareas de funciones ejecutivas (línea continua), entre los factores de la subprueba de Cálculos Matemáticos del WRAT-4 (línea de puntos pequeña), y entre las tareas de funciones ejecutivas y los factores matemáticos (línea de puntos grande). Las correlaciones con valores  $> .3$  tienen  $p < .05$ ; las que tienen valores  $> .4$  tienen  $p < .01$ ; las que tienen valores  $> .5$  tienen  $p < .001$ . Reimpreso de *The contributions of executive functions to mathematical learning difficulties and mathematical talent during adolescence*, R.A. Abreu-Mendoza, Y. Chamorro, M. García-Barrera, y E. Matute, PLoS ONE 13(12): e0209267. Copyright © 2018 por Abreu-Mendoza et al.

a sus predicciones. En otro estudio electrofisiológico, Molina Del Río, Guevara, Hernández González, Hidalgo Aguirre, y Cruz Aguilar (2019), del Instituto de Neurociencias de la UdeG, investigaron la activación y la correlación electroencefalográfica de hombres jóvenes mientras resolvían problemas de matemáticas simples y complejos. Los problemas simples incluían una operación con números de un solo dígito, mientras que los complejos incluían una o más operaciones con números de dos dígitos. Sus resultados mostraron que los problemas complejos estaban relacionados con un mayor poder absoluto de las bandas theta y alfa en las áreas frontal y parietal, dos áreas claves en la cognición de las matemáticas, y una mayor conectividad. Estos resultados coinciden con los estudios que relacionan las bandas theta con el mantenimiento de la información y las bandas alfa con los procesos de atención.

## Variables de género y socioculturales

No todas las diferencias individuales en el rendimiento en matemáticas se relacionan con factores cognitivos. Existen variables demográficas que desempeñan roles críticos, incluidos el género y el nivel socioeconómico. Ha habido mucha controversia en relación con el mejor rendimiento de los hombres en habilidades matemáticas; algunos autores han sugerido que podría depender de la edad de los participantes y del área de las matemáticas que se evalúa: los estudios han demostrado que en las primeras etapas del desarrollo no hay ninguna diferencia entre niños y niñas en cuanto al rendimiento en matemáticas (Hyde, Lindberg, Linn, Ellis, & Williams, 2008). Es hasta las etapas posteriores cuando se miden las matemáticas más avanzadas, que se encuentran estas diferencias (Hyde, Fennema, & Lamon, 1990). Tres estudios del laboratorio de Neuropsicología y Neurolingüística de la UdeG concuerdan con estos resultados. Beltrán-Navarro et al. (2018) compararon el rendimiento de niños y niñas de la muestra con la que se estandarizó la ENI: 307 niños de dos a cuatro años de edad. Los resultados no mostraron diferencias en ninguna de las cuatro subpruebas numéricas de la ENI-P. No obstante, analizando el rendimiento en la subprueba de cálculo matemático del WRAT de jóvenes de 15 a 16 años en el primer año de preparatoria, Abreu-Mendoza et al. (2019) hallaron un mejor rendimiento, pequeño pero estable, en los adolescentes varones (Cohen's  $d = 0.34$ ). Finalmente, buscando mayor evidencia para la interacción entre la edad y el género en el rendimiento en las matemáticas, Rosselli et al. (2009) compararon el desempeño de niñas y niños, dividiéndolos en un grupo de menor edad (7–10 años) y otro de mayor edad (13–16) en seis medidas de matemáticas de la ENI. Sus resultados mostraron diferencias de género solamente en dos medidas: problemas de aritmética y matemáticas mentales. Y lo más importante, fue que hubo una interacción entre edad y género en la subprueba Problema de aritmética: chicos y chicas del grupo de menor edad tuvieron un rendimiento similar; sin embargo, en el grupo de mayor edad los chicos mostraron un mejor rendimiento que las chicas.

Las diferencias de género en el rendimiento en las matemáticas también pueden estar asociadas a diferencias en las actitudes hacia las matemáticas entre chicos y chicas, ya que pueden promover o inhibir su proceso de aprendizaje. Para investigar las diferencias en estos factores afectivos (actitudes hacia las matemáticas y autoconfianza en matemáticas) entre chicos y chicas, Ursini y Sánchez (2008), del Departamento de Matemática Educativa del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN), hicieron un seguimiento de 430 alumnos de 7° a 9° grado. Utilizando cuestionarios y entrevistas evaluaron la autoconfianza y actitud de los alumnos hacia las matemáticas y las matemáticas asistidas por ordenador. Los alumnos también fueron divididos en dos grupos. Ambos grupos trabajaron con actividades de matemáticas relacionadas con el currículo educativo, pero uno de ellos utilizó Excel o Cabri-Geometry. Los resultados mostraron que las actitudes de los alumnos frente a las matemáticas mejoraban de 7° a 8° grado, pero luego declinaban de 8° a 9° grado. Y lo más importante, las diferencias de género que favorecían a los chicos sólo se hallaron en el grupo que utilizó Excel o Cabri-Geometry; sin embargo, en 8° grado las niñas de este grupo mostraron actitudes más positivas hacia las matemáticas que las niñas del otro grupo.

Las evaluaciones nacionales han destacado la relación que existe entre el nivel socioeconómico, normalmente medido mediante la educación maternal, y los logros matemáticos de los niños. Los niños cuyas madres tienen altos niveles de educación tuvieron puntuaciones más altas en la evaluación PLANEA (INEE, 2019). Recientemente, Beltrán-Navarro et al. (2018) también hallaron diferencias relacionadas con el nivel socioeconómico en etapas más tempranas del desarrollo: niños de 2.5 a cinco años de edad de madres con un nivel educativo por encima de la media nacional de nueve años tuvieron puntuaciones superiores que aquellos cuyas madres estaban por debajo de la media en tres de las cuatro subpruebas de ENI-P: comparar magnitudes, subitizar y contar. De modo similar, Jimenez Lira (2016)<sup>2</sup> halló que la educación maternal se correlacionaba con habilidades numéricas tempranas de niños de seis años de edad.

¿Cuáles podrían ser los factores que contribuyen a estas diferencias? Los estudios con niños en Estados Unidos y Canadá han mostrado un vínculo entre las prácticas aritméticas en casa y las habilidades numéricas tempranas de los niños (LeFevre, Polyzoi, Skwarchuk, Fast, & Sowinski, 2010). Jimenez Lira (2016) extendió estos resultados a una población mexicana. En su estudio, ella investigó este vínculo en preescolares mexicanos y canadienses. Contra lo esperado, el hecho de haber practicado aritmética en casa no se asociaba a las habilidades numéricas de los niños mexicanos, sino solamente a las de los niños canadienses. Un resultado similar se halló en una muestra de hijos de inmigrantes latinos, principalmente mexicanos (84%), residentes en Estados Unidos. (Lopez, Gallimore, Garnier, & Reese, 2007). En este estudio los autores hallaron que las actividades hechas en el hogar no predecían las puntuaciones en matemáticas de los niños de 1º y 2º grado, pero sí los recursos familiares que incluían el nivel educativo de los padres y su ocupación. Una posible explicación podría estar relacionada con el estilo de educación parental mexicano. De acuerdo con estudios cualitativos los padres mexicanos preparan a sus niños enseñándoles que deben comportarse bien y ser respetuosos con los adultos en vez de enfocarse en las habilidades académicas (Cycyk & Hammer, 2018), sugiriendo que serían las diferencias en cuanto a los recursos (por ejemplo libros, o acceso a la educación), y no las interacciones parentales, las que podrían explicar los efectos del nivel socioeconómico.

## **Dificultades en el aprendizaje de las matemáticas**

En un contexto como el de México donde un gran porcentaje de alumnos tiene un bajo rendimiento en matemáticas, resulta complicado hablar de dificultades de aprendizaje de las matemáticas (DAM). Aunque las DAM pueden tener un origen neurobiológico, las dificultades de la mayoría de los estudiantes mexicanos parece relacionarse con factores sociales. No obstante, un subconjunto de dichos estudiantes podría seguir teniendo un bajo rendimiento en matemáticas incluso con oportunidades educativas adecuadas y un CI normal. Una dificultad que presenta el estudio de los trastornos de aprendizaje es que los autores utilizan diferentes definiciones de las DAM. También existe el problema de identificar a los individuos con DAM: la Secretaría Mexicana de Educación Pública (SEP) no reconoce dificultades de aprendizaje específicas. En su glosario más reciente de los términos de educación especial (Comisión de Política Gubernamental en Materia de Derechos Humanos, n.d.) no existen términos relativos



a trastornos específicos de aprendizaje; en la lista de pendientes de necesidades especiales de la SEP no existen elementos referidos al desarrollo numérico de los niños en edad preescolar. Pese a estas dificultades, los laboratorios del Instituto de Neurociencias de la UdeG y el Instituto de Neurobiología de la UNAM han realizado estudios de niños y adolescentes con DAM.

El laboratorio del Instituto de Neuropsicología y Neurolingüística de la UdeG fue uno de los primeros en realizar un estudio con niños con DAM en México. En el único estudio de prevalencia de DAM en México, Matute, Pinto, y Zarabozo (2006) evaluaron a 2,880 niños de 15 colegios diferentes de nueve a 12 años de edad utilizando la subprueba de computación de matemáticas de la tercera edición del WRAT (Wilkinson, 1993). En esta muestra, utilizando una puntuación límite de 2 *DE* por debajo de la media y un CI de al menos 90, hallaron una prevalencia del 2.1% de DAM. En otro estudio Rosselli et al. (2006) describieron el perfil cognitivo de niños con DAM con y sin dificultades de lectura. Evaluaron un grupo de 13 niños con DAM y una discapacidad para la lectura (2 *DE* por debajo de la media en un test de lectura estandarizado), 17 niños que sólo tenían DAM, y 20 niños en un grupo control. Utilizando medidas de la ENI, hallaron que aunque los niños con y sin una discapacidad para la lectura tenían un perfil cognitivo similar, los niños con esa discapacidad diferían del grupo control en sus memorias semánticas y visuales, mientras que los dos grupos con DAM se diferenciaron del grupo control en las medidas de memoria operativa. En el Instituto de Neurociencias también se han hecho esfuerzos para caracterizar las DAM y el nivel electrofisiológico. Recientemente, el Laboratorio de Neurofisiología Clínica reportó los componentes de los PREs (Gómez-Velázquez, Berumen, & González-Garrido, 2015), la coherencia del EEG (González-Garrido et al., 2018), y la conectividad cerebral (Gómez-Velázquez et al., 2017) de 40 niños de la escuela primaria con diferentes niveles de rendimiento en matemáticas, mientras comparaban cantidades numéricas simbólicas y no simbólicas. Sus resultados mostraron que los niños con bajo rendimiento revelan amplitudes P2P y P3 inferiores, pero patrones topográficos de coherencia más extensos que incluyen principalmente las áreas frontoparietales, y una mayor conectividad en esas áreas.

Aunque la mayoría de los estudios caracterizan las DAM como un trastorno específico, el Manual estadístico y diagnóstico de trastornos mentales-5 (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders-5, American Psychiatric Association, 2013) no considera que los trastornos de aprendizaje (TA) sean específicos; son definidos como un rendimiento sustancialmente bajo en lectura, matemáticas, y/o expresión escrita en un test estandarizado. Siguiendo esta definición Roca-Stappung, Fernández, Bosch-Bayard, Harmony, y Ricardo-Garcell (2017), del Instituto de Neurobiología de la UNAM, caracterizaron los patrones EEG en reposo de 85 niños de ocho a 11 años de edad con discapacidades de aprendizaje (DA). Los niños fueron inicialmente derivados por sus maestros debido a su bajo rendimiento académico, y debían tener al menos una puntuación media baja en una de las escalas de logros académicos de la ENI, tener un cociente intelectual (CI) en escala completa superior a 70, y no padecer TDAH para poder participar en el estudio. Los autores utilizaron un enfoque guiado por los datos con análisis de conglomerados. La solución resultó en tres grupos: uno con CI normal pero con bajas puntuaciones en velocidad de escritura y manejo numérico; un segundo grupo con CI normal pero con bajo rendimiento en lectura además de las dificultades

del primero; y un tercer grupo con CI bajo (una media de 83.23) y una puntuación inferior a la media en todas las tareas medidas excepto en conteo. Resulta interesante destacar que el área que más distinguió al tercer grupo de los dos primeros fue aritmética. A nivel fisiológico, los niños de este grupo mostraron un poder absoluto superior en las bandas delta, theta y beta, pero un poder absoluto bajo en la banda alfa, y como los autores observaron, esto puede sugerir un retraso de la madurez cerebral.

## **Habilidades numéricas en el síndrome de Down**

Los niños con síndrome de Down (SD) tienen dificultades para aprender habilidades numéricas y matemáticas (Porter, 2019), específicamente para comparar pequeñas cantidades (Karmiloff-Smith et al., 2012; Sella, Lanfranchi, & Zorzi, 2013), contar (Porter, 1999), y resolver problemas aritméticos (Paterson, Girelli, Butterworth, & Karmiloff-Smith, 2006). En años recientes, el laboratorio de Psicolingüística de la UNAM ha intentado comprender los orígenes de dichas dificultades. En un conjunto de estudios, Abreu-Mendoza y Arias-Trejo investigaron si los precursores del conteo están preservados en niños con SD. En su primer estudio (Abreu-Mendoza & Arias-Trejo, 2015), investigaron si las habilidades de comparación numéricas y de áreas se conservan en niños con SD. Evaluaron a 16 niños con SD y contrastaron su rendimiento con dos grupos, uno que coincidía con la edad mental y otro con la edad cronológica. Los niños participaron en dos tareas: en una se requería comparar el área de dos objetos, y en otra el número de objetos que había en dos colecciones. De acuerdo con hallazgos previos en niños con desarrollo típico (Odic, Libertus, Feigenson, & Halberda, 2012), sus resultados mostraron que los niños de los tres grupos se desempeñaban mejor en la tarea de comparación de área que en la de comparación de cantidades numéricas. Esencialmente, no hubo diferencias entre el grupo de niños con SD y el grupo de niños con desarrollo típico que tenían una misma edad mental.

Si los niños con SD conservan las habilidades de comparación numérica y de área, ¿qué podría explicar su dificultad para adquirir la habilidad de contar? La investigación con niños con desarrollo típico ha mostrado que antes de que aprendan el principio de cardinalidad, los niños comprenden otros aspectos del conteo. En un estudio (Slaughter, Itakura, Kutsuki, & Siegal, 2011), infantes de alrededor de 18 meses de edad prefirieron mirar un video que mostraba una mano señalando una serie de peces mientras se pronunciaban palabras de número en su propio idioma, en vez de ver videos en los que se señalaba incorrectamente a un pez más de una vez, y que usaban palabras de número en un idioma diferente, o que utilizaban sonidos *bip* en lugar de palabras asociadas a números. Este patrón de resultados sugiere que, antes de esta edad, los niños aprenden que diferentes palabras de número deben ser asignadas a cada objeto durante el conteo (el principio de correspondencia de uno a uno). En un segundo estudio Abreu-Mendoza y Arias-Trejo (2017) investigaron si las dificultades que tienen los niños con SD con el conteo se debían a una falta de comprensión de este principio. Evaluaron tres grupos que incluían 16 niños cada uno: un grupo de niños con SD que no pronunciaba la lista de conteo, y dos grupos que pronunciaban la lista de conteo hasta 10 — uno de niños con SD, y uno de niños con desarrollo típico. Utilizando un diseño similar al de Slaughter et al. (2011), se les asignó a los niños una de dos condiciones. En la condición de números, observaban videos que mostraban

una mano señalando correctamente a seis peces mientras se pronunciaban palabras de número del uno a seis, o bien, videos que mostraban una mano apuntando únicamente a dos peces mientras se contaba hasta seis. En la condición *bip*, las palabras de número fueron reemplazadas por sonidos *bip*. Sus resultados mostraron que los niños de los tres grupos prefirieron los videos donde la mano apuntaba correctamente a todos los peces cuando escuchaban las palabras asociadas a los números. Estos resultados replican los de Slaughter et al. (2011) y sugieren que al igual que los niños con desarrollo típico, los niños con SD comprenden el principio de correspondencia de uno a uno antes de aprender la lista de conteo. En un segundo experimento del mismo estudio, los autores examinaron la relación entre el vocabulario receptivo y el conocimiento de la palabra asociada los números en los niños con SD. En los niños con desarrollo típico, se ha reportado que vocabularios receptivos y expresivos más amplios están asociados a una mejor comprensión de las palabras asociadas a los números (Negen & Sarnecka, 2012). Replicando estos hallazgos, mostraron que los niños con vocabularios receptivos más amplios comprenden un mayor número de palabras asociadas a números.

## Observaciones finales y dirección futura

El campo de la cognición matemática en México aún es emergente. Aunque sus orígenes pueden ser rastreados hasta el trabajo inicial de Matute y sus colegas hace más de una década atrás (Matute et al., 2006; Rosselli et al., 2006), el impacto de este trabajo fuera de la comunidad académica ha sido pequeño. Otros trastornos del desarrollo, como el trastorno de hiperactividad y déficit de atención, o el trastorno del espectro autista han sido reconocidos por la Secretaría Mexicana de Educación Pública; sin embargo, las discapacidades específicas de aprendizaje no lo han sido. Por tanto, todavía se desconoce el número de niños y adolescentes mexicanos que podrían tener estas dificultades y su impacto a largo plazo.

Sólo recientemente los factores cognitivos han comenzado a permear el campo educativo. Por ejemplo, en su última versión del currículo común para la educación obligatoria, la Secretaría Mexicana de Educación Pública incluyó términos como ‘memoria operativa’, ‘atención sostenida’, y ‘flexibilidad cognitiva’ (Secretaría de Educación Pública, 2017). Aún está por verse en qué forma estos términos serán incorporados y cuál será su impacto en las actividades diarias de los maestros. El trabajo futuro debería considerar el interrogante de cómo hacer más accesibles para maestros y administradores los resultados de las investigaciones para que realicen cambios bien fundamentados en los currículos. Recientemente, por ejemplo, Hawes, Merkley, Stager, y Ansari (2019) implementaron un programa de desarrollo profesional para maestros con el fin de enseñar a los docentes de jardín de infantes los temas relacionados con la cognición numérica. Su intervención no sólo tuvo un efecto positivo en el conocimiento de los maestros sino también en sus alumnos. Este tipo de estudios podrían complementar los modelos de investigación/intervención que no sólo han estudiado las habilidades matemáticas de los maestros (por ejemplo, la comprensión de fracciones y decimales) sino que también han implementado talleres para mejorarlas (Alatorre, Mendiola, Moreno, Sáiz, & Torres, 2011; Alatorre & Sáiz, 2008).

También existe la necesidad de un trabajo y una comunicación multidisciplinar dentro de diferentes campos en México: una búsqueda rápida del término ‘memoria operativa’ en una de las principales publicaciones mexicanas sobre la enseñanza de las matemáticas no obtuvo ningún resultado; del mismo modo, en ninguno de los artículos analizados aquí se consideraban las diferentes prácticas educativas como una variable independiente. También existe una necesidad urgente de incluir a los niños con diferentes antecedentes educativos. Niños y adolescentes de zonas rurales representan el 10% de aquellos que asisten a instituciones educativas (INEE, 2015). Excepto el trabajo realizado por Solovieva y sus colegas (Solovieva et al., 2013), todas las investigaciones presentadas aquí evaluaron a participantes en contextos urbanos. En años recientes se ha observado un interés creciente en el campo de la cognición numérica; la mayor parte de las investigaciones presentadas aquí fueron publicadas en los últimos cinco años. En los próximos años debería haber más investigaciones informativas y emocionantes realizadas en los laboratorios de México.

## Notas

1. Dr. Mathieu Le Corre es ahora profesor en la UNAM.
2. Dr. Carolina Jimenez-Lira es ahora profesora en la Universidad Autónoma de Chihuahua.

## Disclosure statement / Conflicto de intereses

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

## ORCID

Roberto A. Abreu-Mendoza  <http://orcid.org/0000-0002-6841-0917>

## References / Referencias

- Abreu-Mendoza, R. A., & Arias-Trejo, N. (2015). Numerical and area comparison abilities in down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 41–42, 58–65.
- Abreu-Mendoza, R. A., & Arias-Trejo, N. (2017). Counting abilities in down syndrome: The role of the one-to-one correspondence principle and receptive vocabulary. *Neuropsychology*, 31, 750–758.
- Abreu-Mendoza, R. A., Chamorro, Y., Garcia-Barrera, M. A., & Matute, E. (2018). The contributions of executive functions to mathematical learning difficulties and mathematical talent during adolescence. *PloS ONE*, 13(2), e0209267.
- Abreu-Mendoza, R. A., Chamorro, Y., & Matute, E. (2019). Psychometric properties of the WRAT Math Computation Subtest in Mexican adolescents. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 37, 957–972.
- Abreu-Mendoza, R. A., Soto-Alba, E. E., & Arias-Trejo, N. (2013). Area vs. density: Influence of visual variables and cardinality knowledge in early number comparison. *Frontiers in Psychology*, 4(805), 1–10.
- Alatorre, S., Mendiola, E., Moreno, F., Sáiz, M., & Torres, R. (2011). How teachers confront fractions. *Proceedings of PME 35*, 2, 17–24.

- Alatorre, S., & Saiz, M. (2008). Mexican primary school teachers' misconceptions on decimal numbers. *Proceedings of PME 32*, 2, 25–32.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5®)*. United States: American Psychiatric Pub.
- Avila, A. (2016). La investigación en educación matemática en México: Una mirada a 40 años de trabajo Research in Mathematics Education in México. *Educación Matemática*, 28(3), 31–60.
- Beltrán-Navarro, B., Abreu-Mendoza, R. A., Matute, E., & Rosselli, M. (2018). Development of early numerical abilities of Spanish-speaking Mexican preschoolers: A new assessment tool. *Applied Neuropsychology: Child*, 7, 117–128. doi:10.1080/21622965.2016.1266940
- Comisión de Política Gubernamental en Materia de Derechos Humanos. (n.d.). *Glosario de Términos sobre discapacidad*. Retrieved from [https://www.educacionespecial.sep.gob.mx/2016/pdf/discapacidad/Documentos/Atencion\\_educativa/Generales/1glosario\\_discapacidad.pdf](https://www.educacionespecial.sep.gob.mx/2016/pdf/discapacidad/Documentos/Atencion_educativa/Generales/1glosario_discapacidad.pdf)
- Cyck, L. M., & Hammer, C. S. (2018). Beliefs, values, and practices of Mexican immigrant families towards language and learning in toddlerhood: Setting the foundation for early childhood education. *Early Childhood Research Quarterly*. doi:10.1016/j.ecresq.2018.09.009
- Gómez-Velázquez, F. R., Berumen, G., & González-Garrido, A. A. (2015). Comparisons of numerical magnitudes in children with different level of mathematical achievement. An ERP study. *Brain Research*, 1627, 189–200.
- Gómez-Velázquez, F. R., Vélez-Pérez, H., Espinoza-Valdez, A., Romo-Vazquez, R., Salido-Ruiz, R. A., Ruiz-Stovel, V., ... Berumen, G. (2017). Electrophysiological dynamic brain connectivity during symbolic magnitude comparison in children with different mathematics achievement levels. *NeuroReport*, 28, 174–178.
- González-Garrido, A. A., Gómez-Velázquez, F. R., Salido-Ruiz, R. A., Espinoza-Valdez, A., Vélez-Pérez, H., Romo-Vazquez, R., ... Berumen, G. (2018). The analysis of EEG coherence reflects middle childhood differences in mathematical achievement. *Brain and Cognition*, 124, 57–63.
- Guevara, Y., Hermosillo, Á., López, A., Delgado, U., García, G., & Rugerio, J. (2008). Habilidades Matemáticas En Alumnos De Bajo Nivel Sociocultural. *Acta Colombiana de Psicología*, 11(2), 13–24.
- Handel, M. J. (2016). What do people do at work? *Journal for Labour Market Research*, 49, 177–197.
- Hawes, Z., Merkley, R., Stager, C., & Ansari, D. (2019). Integrating numerical cognition research and mathematics education to strengthen the teaching and learning of early number. doi:10.31234/osf.io/ta8gh
- Hyde, J. S., Fennema, E., & Lamon, S. (1990). Gender differences in mathematics performance: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 107, 139–155.
- Hyde, J. S., Lindberg, S. M., Linn, M. C., Ellis, A. B., & Williams, C. C. (2008). Gender similarities characterize math performance. *Science*, 321, 494–495.
- INEE. (2006). *El aprendizaje del español y las matemáticas en la educación básica en México. Sexto de primaria y tercero de secundaria*. Mexico: Author.
- INEE. (2015). *Panorama Educativo de México 2014. Indicadores del Sistema Educativo Nacional. Educación Básica y Media Superior*. México: Author.
- INEE. (2019). *Informe de resultados planea 2017. El aprendizaje de los alumnos de tercero de secundaria en México. Lenguaje y comunicación y matemáticas*. Mexico: Author.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). *Panorama sociodemográfico de México 2015*. México: INEGI.
- Jimenez Lira, C. (2016). *Children's acquisition of the mappings among the number representations*. Ottawa: Carleton University.
- Jurado, M. B., & Rosselli, M. (2007). The elusive nature of executive functions: A review of our current understanding. *Neuropsychological Review*, 17, 213–233.
- Karmiloff-Smith, A., D'Souza, D., Dekker, T. M., Van Herwegen, J., Xu, F., Rodic, M., & Ansari, D. (2012). Genetic and environmental vulnerabilities in children with neurodevelopmental disorders. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(Suppl. 2), 17261–17265.

- Le Corre, M., Li, P., Huang, B. H., Jia, G., & Carey, S. (2016). Numerical morphology supports early number word learning: Evidence from a comparison of young Mandarin and English learners. *Cognitive Psychology*, 88, 162–186.
- LeFevre, J. A., Polyzoi, E., Skwarchuk, S. L., Fast, L., & Sowinski, C. (2010). Do home numeracy and literacy practices of Greek and Canadian parents predict the numeracy skills of kindergarten children? *International Journal of Early Years Education*, 18, 55–70.
- Lopez, E. M., Gallimore, R., Garnier, H., & Reese, L. (2007). Preschool antecedents of mathematics achievement of Latinos. *Hispanic Journal of Behavioral Sciences*, 29, 456–471.
- Macotela, S., Bermúdez, P., & Castañeda, I. (2003). *Inventario de ejecución académica: Un modelo diagnóstico prescriptivo para el manejo de problemas asociados a la lectura, la escritura y las matemática*. Ciudad de México: Facultad de Psicología. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Matute, E., Pinto, N., & Zarabozo, D. (2006). Una aproximación para evaluar la prevalencia del trastorno del cálculo en una muestra de niños mexicanos. In M. G. Vega López & G. J. González Pérez (Eds.), *Infancia, sociedad y salud* (pp. 325–337). Guadalajara: University of Guadalajara and Panamerican Health Organization.
- Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A., & Ostrosky, F. (2007). *Evaluación Neuropsicológica Infantil*. Ciudad de México: Manual Moderno.
- Matute, E., Rosselli, M., & Beltrán-Navarro, B. (n.d.). *Evaluación Neuropsicológica Infantil-Preescolar*. Ciudad de México: Manual Moderno.
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. *Current Directions in Psychological Science*, 21, 8–14.
- Molina Del Río, J., Guevara, M. A., Hernández González, M., Hidalgo Aguirre, R. M., & Cruz Aguilar, M. A. (2019). EEG correlation during the solving of simple and complex logical-mathematical problems. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 19, 1036–1046.
- Negen, J., & Sarnecka, B. W. (2012). Number-concept acquisition and general vocabulary development. *Child Development*, 83, 2019–2027.
- Niedeggen, M., & Rösler, F. (1999). N400 effects reflect activation spread during retrieval of arithmetic facts. *Psychological Science*, 10, 271–276.
- Odic, D., Libertus, M. E., Feigenson, L., & Halberda, J. (2013). Developmental change in the acuity of approximate number and area representations. *Developmental Psychology*, 49, 1103–1112.
- Ostrosky, F., Gómez, M. E., Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A., & Pineda, D. (2012). *NEUROPSI: Atención y memoria*. Ciudad de México: Manual Moderno.
- Pacheco, J. E. (1972). *El principio del placer*. Ciudad de México: Joaquín Mortiz.
- Paterson, S. J., Girelli, L., Butterworth, B., & Karmiloff-Smith, A. (2006). Are numerical impairments syndrome specific? Evidence from Williams syndrome and Down's syndrome. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47, 190–204.
- Porter, J. (1999). Learning to count: A difficult task? *Down Syndrome Research and Practice*, 6, 85–94.
- Porter, J. (2019). Discriminating quantity: New points for teaching children with down syndrome about number? *International Journal of Disability, Development and Education*, 66, 133–150.
- Prieto-Corona, B., Rodríguez-Camacho, M., Silva-Pereyra, J., Marosi, E., Fernández, T., & Guerrero, V. (2010). Event-related potentials findings differ between children and adults during arithmetic-fact retrieval. *Neuroscience Letters*, 468, 220–224.
- Roca-Stappung, M., Fernández, T., Bosch-Bayard, J., Harmony, T., & Ricardo-Garcell, J. (2017). Electroencephalographic characterization of subgroups of children with learning disorders. *PLoS ONE*, 12(7), 1–12.
- Rosselli, M., Ardila, A., Matute, E., & Inozemtseva, O. (2009). Gender differences and cognitive correlates of mathematical skills in school-aged children. *Child Neuropsychology*, 15, 216–231.
- Rosselli, M., Matute, E., Pinto, N., & Ardila, A. (2006). Memory abilities in children with subtypes of dyscalculia. *Developmental Neuropsychology*, 30, 801–818.



- Secretaría de Educación Pública. (2017). *Aprendizajes clave para la educación integral. Plan y programas de estudio para la educación básica*. Ciudad de México: Secretaría de Educación Pública.
- Sella, F., Lanfranchi, S., & Zorzi, M. (2013). Enumeration skills in Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 34, 3798–3806.
- Slaughter, V., Itakura, S., Kutsuki, A., & Siegal, M. (2011). Learning to count begins in infancy: Evidence from 18 month old's visual preferences. *Proceedings of the Royal Society B*, 278, 2979–2984.
- Solovieva, Y., Lázaro, E., & Quintanar, L. (2013). Evaluación de las habilidades matemáticas previas en niños preescolares urbanos y rurales. *Cultura y Educación*, 25, 199–212.
- Soto-Alba, E., & Le Corre, M. (2019). *Do CP-knowers know that all numerically equal collections are in one-to-one correspondence?* Poster Presented at the SRCD Biennial Meeting 2019, Baltimore, MD.
- Ursini, S., & Sánchez, G. (2008). Gender, technology and attitude towards mathematics: A comparative longitudinal study with Mexican students. *ZDM - International Journal on Mathematics Education*, 40, 559–577.
- Wechsler, D. (2007). *Escala Wechsler de Inteligencia para Niños-IV*. Ciudad de México: Manual Moderno.
- Wilkinson, G. S. (1993). *Wide range achievement test 3*. Wilmington, DE: Wide Range, Inc.
- Wilkinson, G. S., & Robertson, G. J. (2006). *WRAT 4 wide range achievement test*. Lutz, FL: Psychological Assessment Resources.
- Wynn, K. (1992). Children's acquisition of number words and the counting system. *Cognitive Psychology*, 24, 220–251.