3ra edición
corregida y actualizada

LC

Las bases biológicas del aprendizaje

Claudio Glejzer (compilador)

eFFL
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FILO:UBA
Facultad de Filosofía y Letras

Las bases biológicas del aprendizaje

LIBROS DE CÁTEDRA LC

Las bases biológicas del aprendizaje

Claudio Glejzer (compilador)

Autores: Claudio Glejzer, Alejandra Ciccarelli, Adriana Maldonado, Florencia Bulit, Manuela Chomnalez, Carolina Facchinetti, Analía Ricci

Cátedra: Biología: comportamiento, desarrollo y aprendizaje

Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras
Universidad de Buenos Aires

Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras
Colección Libros de Cátedra

Coordinación editorial: Martín G. Gómez
Diseño de tapa e interior: Magali Canale y Fernando Lendoiro
Diagramación: Gonzalo Mingorance
Versión digital: María Clara Diez, Paula D'Amico

ISBN 978-987-3617-72-0

Subsecretaría de Publicaciones
Puan 480 - Ciudad Autónoma de Buenos Aires - República Argentina
Tel.: 4432-0606 int. 167 - info.publicaciones@filo.uba.ar
www.filo.uba.ar

Las bases biológicas del aprendizaje /
Claudio Glejzer ... [et al.] ; compilado por Claudio Glejzer. - 3a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras Universidad de Buenos Aires, 2017.
340 p. ; 20 x 14 cm. - (Libros de cátedra)

ISBN 978-987-4019-46-2

1. Biología. 2. Ciencias de la Educación. I. Glejzer, Claudio II. Glejzer, Claudio, comp.
CDD 370.1

Índice

CAPÍTULO 12

Aprendizaje de la matemática

Marisol Domínguez

¿Cómo funciona nuestro cerebro cuando resolvemos un problema de álgebra o de geometría? Nuestro concepto de número, ¿es innato o adquirido? ¿Por qué es tan difícil hacer cálculos mentales o aprender las tablas de multiplicar?

Recientemente, equipos multidisciplinarios de investigadores han comenzado a revelar el modo en el que el cerebro realiza cálculos matemáticos gracias a ingeniosos experimentos con animales y bebés, mediante el estudio de los efectos de lesiones cerebrales en pacientes y la utilización de herramientas de mapeo cerebral que permiten visualizar los circuitos activos del cerebro a medida que una persona realiza una determinada tarea.

Los números en nuestra vida social

Desde muy pequeños, los niños interaccionan con los números. Éstos se encuentran presentes en nuestra vida cotidiana: en los colectivos, los precios, las tarjetas de crédito, los teléfonos, las fechas, en la identificación de las casas y

los automóviles, el control remoto de la televisión, en los relojes, las páginas de los libros, los talles de la ropa, la documentación de las personas, entre otros lugares. Sin embargo, a pesar de que estamos rodeados de números, éstos ofrecen información diversa de acuerdo al contexto, lo que puede dificultar al principio su comprensión por parte de los más jóvenes. Los niños tienen al mismo tiempo acceso al $71, que puede exhibir la etiqueta de un objeto en un supermercado, y al 71 de un colectivo, y en ambos casos el número no cumple las mismas funciones de representación. De esta manera, si en nuestro sistema de numeración, cifras distintas representan cantidades diferentes, hay usos de los grafismos numéricos en que cifras diferentes no representan cantidades diferentes, sino que los números funcionan como etiquetas cuyas diferencias son cualitativas: lo que indica el 71 de un colectivo con respecto al 21 de otro no es una cantidad mayor (colectivos más grandes), sino que ese colectivo realiza un recorrido diferente al otro.

Aritmética en los animales

Por largo tiempo se consideró a la matemática como una habilidad exclusiva de los seres humanos. Sin embargo, la evidencia es creciente y se ha demostrado en diversos experimentos, que los animales (como las ratas, palomas, salamandras, delfines y monos, entre otros) son capaces de percibir las cantidades numéricas. Los experimentos generalmente implican enseñar a los animales a presionar una palanca un determinado número de veces para obtener comida. Esta capacidad es de vital importancia en la naturaleza ya que estimar la cantidad de predadores o cuantificar los beneficios de dos posibles provisiones de comida pueden ser cuestiones de vida o muerte.

La aritmética no es entonces una habilidad específica de los humanos sino que es bastante común en el reino animal, dado que las ventajas que otorga en la supervivencia son amplias. Todos los animales se enfrentan a una búsqueda constante que les permite encontrar el mejor ambiente con comida, la menor cantidad de predadores, la mayor posibilidad de reproducción, etcétera.

Limitaciones de la matemática animal. ¿Son los animales tan buenos como los humanos en su habilidad para la matemática?

Los animales no humanos son capaces de realizar sumas aproximadas y comparar distintas cantidades de elementos. Pero el desempeño en esta habilidad de comparación se reduce sistemáticamente a medida que aumenta la magnitud de los números (*efecto de tamaño*) y la distancia entre los números es menor (*efecto de distancia*). Para estudiar esto, se realizaron experimentos con chimpancés donde se los expuso a dos cantidades de alimento distintas y fueron tentados a elegir la opción con más ítems. Los animales debían computar espontáneamente el total de elementos de ambas opciones, compararlos y elegir el que consideraban más alto. Se observó que cuando las dos cantidades eran bastante distintas, como en el caso de 8 y 12, los chimpancés casi nunca fallaban y elegían la más alta. Pero cuando las cantidades se volvían más próximas su desempeño empeoraba, por ejemplo cuando comparaban entre 8 y 10. Se denomina *efecto de distancia* cuando la tasa de error depende de la separación numérica entre los ítems a comparar. También se observó que la discriminación era más lenta y menos precisa cuando comparaban 7 de 9 elementos que 2 de 4. En este caso hablamos de *efecto de tamaño*, ya que a distancias numéricas iguales el desempeño empeora a medida que los números a comparar se vuelven más grandes. Estas reglas también aplican a los humanos, ya que cuanto más distancia hay entre los núme-

ros y estos son pequeños, menos tiempo tardamos en decidir cuál es el más grande.

Los animales, a diferencia de nosotros, son fundamentalmente imprecisos ya que no son capaces de representar números grandes con un formato específico e individualizado. Ellos no calculan del mismo modo que nosotros ya que su representación de los números es inexacta. Para un animal, 6 más 6 no es 12, sino aproximadamente 12: puede ser 11, 12 o 13. Por eso, muchas veces se habla de *numerosidad* para aplicarla a los animales en lugar de números, ya que al referirnos a un número suponemos un símbolo específico. Esta percepción de la numerosidad les permite a los animales comparar cantidades y estimar cuan numerosas son, pero no les permite computar su número exacto.

Lenguaje y matemática

Los humanos poseemos una representación mental de las cantidades numéricas bastante similar a la del resto de los animales, pero nuestra capacidad de desarrollar sistemas simbólicos (derivada del lenguaje) nos ha permitido ir más allá de la aproximación y realizar cálculos con números exactos. Los humanos contamos con la habilidad de crear sistemas complejos de símbolos, incluyendo lenguajes hablados y escritos. Las palabras y los símbolos, al separar conceptos con significados arbitrariamente cercanos, nos permiten ser precisos y movernos más allá de los límites de la aproximación.

Aprendizaje de la matemática en los niños

Nuestro sentido numérico, ¿es innato o adquirido? ¿Los bebes al nacer tienen alguna percepción de las cantidades numéricas?

Si tantas especies de animales están dotadas de habilidades numéricas es probable que los humanos desde niños podamos percibir, memorizar y comparar cantidades numéricas. De hecho, nuestro cerebro cuenta con un mecanismo innato, heredado de especies antecesoras, que nos permite comprender las cantidades numéricas y que sirve como base para la adquisición de procesos matemáticos de mayor complejidad. Todas las personas estamos dotadas de una representación intuitiva de las cantidades numéricas y, por esa razón, podemos darnos cuenta que 5 es más pequeño que 20. Esta facultad permite que los niños puedan reconocer que algo ha cambiado en una colección de autitos pequeña cuando un autito ha sido eliminado o agregado a la colección.

Por mucho tiempo, esta habilidad innata de los niños no fue reconocida ya que contradecía las teorías relacionadas con la adquisición de las habilidades matemáticas, que afirmaban que el concepto de número comenzaba a aprenderse alrededor de los 5 años de edad, por lo que no tenía sentido incluir en el sistema de educación la enseñanza precoz de la matemática. Esto implica que el niño, antes de esa edad, no estaría *listo* para desarrollar cálculos aritméticos. Sin embargo, los aportes actuales de la neurociencia indican que, a pesar de que la comprensión de los números se profundiza con la edad y la educación, los niños antes de los 5 años tienen una comprensión aproximada de las cantidades numéricas similar a la de otros animales. Los sistemas educativos actuales deberían reformularse teniendo en cuenta que los conceptos matemáticos abstractos aparecen en la niñez incluso antes de la educación formal.

Cronología de la adquisición de la habilidad matemática en los niños

¿A qué edad aparecen las habilidades matemáticas en los humanos? ¿A qué edad sabemos que 2 es más grande que 1?

Los humanos, antes de los 5 años, ya tenemos algunas habilidades matemáticas. Veamos entonces el paso a paso en este proceso. Existen tres etapas en la adquisición de las habilidades numéricas:

1) Los recién nacidos tienen la capacidad innata no verbal de distinguir a simple vista el número de elementos de pequeños conjuntos (1, 2 y 3 elementos). Esto se ha demostrado con experimentos donde los bebés observan una pantalla que muestra diapositivas con distintos números de objetos y se mide cuánto tiempo pasa el bebé mirando cada diapositiva. Al principio, durante la etapa de habituación, se les muestra durante un tiempo dos puntos negros que entre cada ensayo varían en localización, tamaño e identidad (en lugar de puntos pueden ser dos cuadrados, o dos círculos, pero siempre se les muestra dos elementos). Es decir, los objetos varían y sólo su número permanece constante. Cuando el bebé empieza a aburrirse de este estímulo repetitivo fija su mirada en la pantalla por menos tiempo. En los ensayos siguientes, luego de alcanzada la habituación, las diapositivas muestran tres elementos y se observa que los bebés miran durante más tiempo conjuntos de tres ítems que conjuntos de dos. De esta manera se evidencia que los bebés detectan el cambio de numerosidad entre 2 y 3 elementos. El bebé humano nace con mecanismos que le permiten individualizar objetos y extraer su numerosidad. Los humanos compartimos esta habilidad con otros animales, por lo tanto se considera una función independiente del lenguaje. De hecho, organismos que no poseen lenguaje pueden diferenciar entre distintas cantidades.
2) Entre los 4 y 6 meses de edad emerge la habilidad para memorizar, lo que permite realizar sumas y restas. Se han realizado experimentos donde se les muestra a los bebés un elemento que luego dejan de ver porque al poco tiempo se lo coloca detrás de una pantalla (Fig. 1). A continuación, los bebés

observan cómo se añade otro elemento que también queda escondido detrás de la pantalla. Finalmente, se quita la pantalla mostrando algunas veces el resultado correcto (2 elementos) y en otros ensayos un resultado incorrecto (por ejemplo 1 elemento solo). Se mide la sorpresa de los bebés, al igual que en el ensayo anterior, estableciendo el tiempo en que se quedan mirando. De esta forma, se descubrió que los bebés reaccionan mirando por más tiempo cuando el resultado es incorrecto. Es decir, cuando al levantarse la pantalla se observan dos objetos pierden el interés más rápido que cuando al levantarse la pantalla se les muestra el resultado improbable de 1 o 3 objetos. Un procesamiento numérico interno rudimentario permite a los bebés de esta edad reconocer pequeños números de objetos y combinarlos en sumas y restas simples. Este experimento indica que los bebes, a esta edad, son capaces de interpretar que el agregado de uno a uno da dos y no tres ni uno.

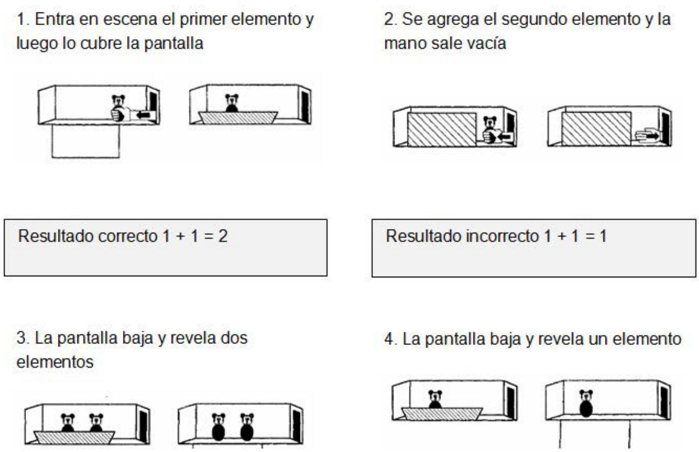

Figura 1. Experimento que muestra que los bebés son capaces de realizar sumas con cantidades pequeñas ya que miran sistemáticamente por más tiempo el resultado incorrecto 1 + 1 = 1 que el correcto 1 + 1 = 2. Adaptado de Dehaene (1997).

3) Recién a los 15 meses de edad se encuentran evidencias de que los bebés comprenden el orden natural de los números y se dan cuenta que 2 es más grande que 1. Antes de esa edad pueden reconocer uno, dos y tres objetos, incluso pueden saber que 1 + 1 es igual a 2, pero no entienden que 2 es más grande que 1. Los bebés a partir de los 15 meses de edad empiezan a mostrar los primeros indicios de comparación numérica.

En conclusión: los bebés son mucho mejores matemáticos de lo que pensábamos. Muchas operaciones matemáticas surgen en ellos de manera espontánea, como la estimación numérica, la comparación, el conteo y las sumas y restas simples.

La singularidad de los números 1, 2 y 3

Es llamativo que en la mayoría de las civilizaciones los primeros tres números son simples, generalmente se repite el símbolo de la unidad, pero a partir del número tres se deja de utilizar este sistema por símbolos arbitrarios más complejos (Fig. 2).

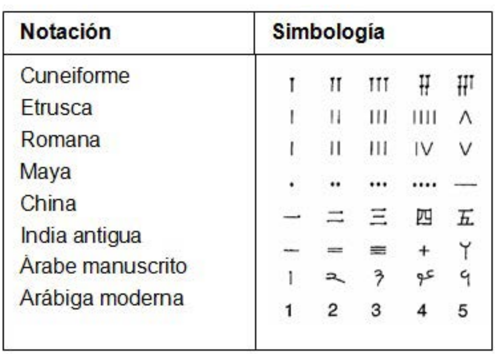

Figura 2. Civilizaciones que denotan los primeros tres números con series de marcas idénticas. Adaptado de Ifrah (1994).

De hecho, una tribu de Australia, los warlpiris, indican las cantidades solamente con las palabras “uno”, “dos”, “algunos” y “muchos” (Ifrah, 1998). Incluso los números que nosotros usamos, los números arábigos, aunque parezcan arbitrarios, derivan del mismo principio pero se han deformado en la escritura manuscrita con el tiempo. Nuestro dígito 1 deriva de una barra, y nuestros dígitos 2 y 3 se originaron a partir de 2 o 3 barras horizontales.

Subitización

¿Por qué la singularidad de las cifras 1, 2 y 3 es universal?

Como observamos, muchas sociedades humanas nombran a los primeros tres números con una cantidad idéntica de marcas, mientras que los números siguientes son símbolos arbitrarios (Fig. 2). Esto es así, probablemente porque el sistema de alinear barras no sería muy recomendable para nombrar números grandes. Imagínense que leer el número 25 con este sistema sería un proceso lento y propenso al error. Pero ¿por qué todas las civilizaciones se deshicieron de este sistema a partir del número 3 y no del 5 u otro número? La respuesta tiene que ver con la *subitización,* que es la habilidad para cuantificar números de forma inmediata pero sin contarlos de a uno (por lo súbito del cálculo). Esta habilidad *protonumérica* de los adultos humanos es similar a la de niños (aparece en la primera etapa de adquisición de las habilidades matemáticas) y a la de los animales. Pero sólo se extiende hasta el número 3, ¿o acaso pueden distinguir el IIII del IIIII de inmediato sin contar las líneas?

Casi todas las civilizaciones abandonan este tipo de numeración luego del número 3, que marca el límite de nuestra aprehensión inmediata del número. Podemos enumerar de manera rápida y confiable sólo hasta 3 objetos ya que el tiempo requerido para nombrar el número de objetos au-

menta drásticamente si son más de 3 (así como también aumenta el número de errores cometidos). Se pueden entonces reconocer 1, 2 y 3 objetos de manera rápida porque no necesitamos contarlos uno por uno (Fig. 3).

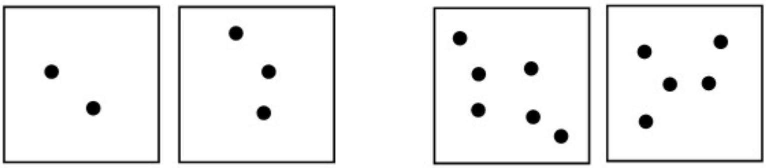

Figura 3. La diferencia entre dos y tres objetos (izquierda) es perceptible inmediatamente para nosotros, pero no podemos distinguir cinco de seis (derecha) sin contar. Adaptado de Dehaene (2016).

¿Notaron que les resultó sencillo enumerar el número de objetos en los recuadros de la izquierda, pero fueron anormalmente lentos con los de la derecha? Según Stanislas Dehaene, heredamos una comprensión intuitiva de los números como representaciones continuas y aproximadas. Al igual que en los bebés y animales, esta intuición se vuelve más imprecisa a medida que los números se hacen más grandes. Por eso, a partir del número 4 tenemos que empezar a contar ya que la estimación del número de nuestro *acumulador interno* no es lo suficientemente confiable. Las mismas reglas que vimos anteriormente para el caso de los animales se aplican a nuestra percepción humana adulta de los números grandes, y explican porqué se comenten tantos errores al tratar de estimar de manera veloz el número de objetos cuando este número es alto. Nuestra precisión depende de la distancia: distinguimos mejor dos números distantes, como 20 y 40, que dos números cercanos, como 40 y 41; y de la magnitud: a igual distancia, nos cuesta más distinguir números grandes, como 40 y 41, que dos números pequeños, como 1 y 2.

Si bien todavía se desconoce el mecanismo exacto a través del cual actúa la subitización, se sabe que no es automática sino que requiere de la atención y de la memoria de trabajo. Si se repite el experimento anterior cuando la mente está ocupada en otra cosa (por ejemplo memorizando una frase), ya no se logra estimar con precisión la numerosidad de un conjunto, incluso cuando contiene menos de 3 elementos.

Mecanismos cerebrales responsables de las habilidades numéricas en los humanos

¿Cómo se establecen y funcionan los procesos matemáticos en el cerebro? ¿Qué papel desempeñan los hemisferios derecho e izquierdo en las tareas numéricas?

El estudio de pacientes con el cuerpo calloso dañado permitió contestar esta pregunta. Como sabemos, en ellos los dos hemisferios pueden operar independientemente y así podemos evaluar qué función realiza cada uno de ellos. El cálculo matemático, a diferencia del lenguaje, está menos lateralizado. Por un lado, se observó que la mayoría de las áreas cerebrales responsables de los cálculos aproximados están ubicadas en el hemisferio derecho y, por el otro, que para los cálculos exactos existe mayor activación en algunas regiones del hemisferio izquierdo. En realidad, ambos hemisferios pueden reconocer dígitos arábigos, convertirlos en cantidades y compararlos; pero sólo el hemisferio izquierdo es capaz de nombrarlos y ejecutar cálculos exactos. Conjuntamente, esto explicaría por qué las respuestas del hemisferio derecho son aproximadas y las del hemisferio izquierdo, exactas.

Una persona que por un accidente pierde la mayor parte de su hemisferio izquierdo seguramente tendrá sus capaci-

dades verbales (producción y comprensión del habla) gravemente deterioradas. Probablemente, además de no poder leer ni escribir, tendrá afectadas sus capacidades numéricas. Sin embargo, aunque haya perdido su capacidad para realizar cálculos exactos, podría aproximar. Seguramente pensaría que un año tiene "unos 350 días" y una hora, "unos cincuenta minutos", respuestas que son claramente falsas, pero aproximadamente correctas.

Veamos cómo contribuye cada región al procesamiento matemático. Los lóbulos parietales de ambos hemisferios cerebrales (en especial la región inferior y surco intraparietal) albergan circuitos neuronales dedicados a la percepción aproximada de las magnitudes numéricas. El cálculo matemático exacto, sin embargo, activa otras redes neuronales: una región del lóbulo parietal recibe información visual de la corteza occipitotemporal (involucrada en la identificación de la forma visual de los números arábicos) y por las áreas del lenguaje (como las áreas perisilvianas izquierdas que están implicadas en las representaciones verbales de números y de cualquier cadena de palabras). Además, el lóbulo parietal está recíprocamente conectado con el lóbulo prefrontal que enfoca la atención y memoria de trabajo (activa siempre que mantenemos en la mente una información por algunos segundos), y con los circuitos del hipocampo que participan en el aprendizaje y la consolidación de la memoria a largo plazo, así como con otras áreas subcorticales múltiples (Fig. 4).

En síntesis, la concepción de que un área simple puede almacenar todo el conocimiento sobre matemática ha sido reemplazada por una visión más apropiada, que sostiene que son varias las áreas implicadas, ya sea para identificar números arábigos, escribirlos, comprenderlos cuando se escuchan o evocar el resultado de la multiplicación de dos números como el 8 por el 9.

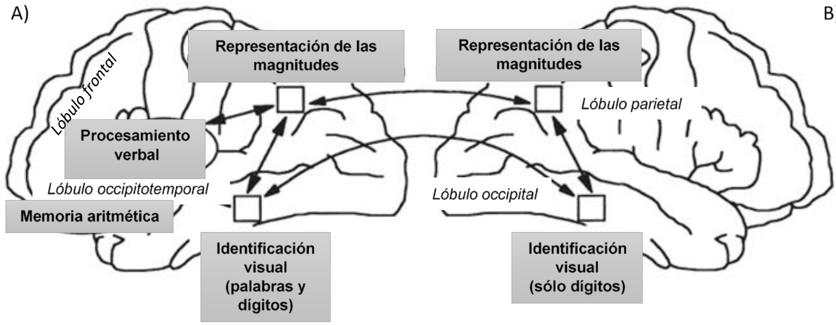

Figura 4. Vista lateral de los hemisferios izquierdo (A) y derecho (B). Simplificación de la transmisión de información a través de distintas áreas cerebrales durante el cálculo. No se muestra la corteza prefrontal que también participa con la selección de estrategias y planificación a través de la atención y memoria de trabajo.

En la Fig. 4 se observa que la corteza occipitotemporal del hemisferio izquierdo se asocia con el reconocimiento, tanto de cifras arábigas (4) como de palabras escritas (cuatro), mientras que la misma región en el hemisferio derecho reconoce sólo cifras arábigas. Además, se pone de manifiesto que ambos hemisferios pueden manipular cantidades numéricas, pero sólo el hemisferio izquierdo tiene acceso a la representación lingüística de los números y a la memorización de las tablas aritméticas. Esto quiere decir que, dependiendo de si se requiere una respuesta exacta o aproximada, nuestro cerebro activa distintos circuitos neuronales.

Números, espacio y tamaño

El tamaño, la información espacial y el número se procesan en una región similar del lóbulo parietal donde las neu-

ronas encargadas de estas dimensiones se encuentran interconectadas. Por eso, el concepto de número está muy vinculado al concepto de tamaño. Prueben su habilidad para decidir rápidamente dentro de cada par cuál es el número más grande:

3 o 6

6 o 7

9 o 5

Veamos cómo se vincula el concepto de *número* con el concepto de *espacio*: a) las personas representamos mentalmente a los números enteros en una línea recta orientada de izquierda a derecha; b) existe una fuerte correlación entre las habilidades matemáticas y las capacidades espaciales (como la facilidad de orientarse espacialmente); y c) utilizamos términos espaciales para hablar de números que están *cerca* o *lejos* uno de otro. Lo que ocurre es que la región parietal inferior alberga circuitos neurales dedicados a la representación de información espacial continua. De esta manera, permite la codificación de la *línea numérica* que se establece en el cerebro humano cuando se representa a los números naturales: éstos no se tratan como símbolos, sino como cantidades que se representan en una línea.

Discalculia

La discalculia es la dificultad de aprender a una edad determinada a nombrar un número determinado de objetos. Por ejemplo, no poder contar los propios dedos de la mano ni los símbolos arábigos, y tampoco estimar la cantidad aproximada (numerosidad) de elementos en un conjunto. Al no comprender el concepto abstracto de número (cardinalidad) ni el principio de ordinalidad, estos niños tienen serias dificultades para realizar cálculos. El cálculo, como la lectura, es una habilidad cultural que se aprende lentamente gracias a una enseñanza específica. Éste requiere de la interacción de las experiencias ambientales con el desarrollo de regiones visuales, espaciales, del lenguaje, de la memoria de trabajo y a largo plazo, la atención, la motivación y otras competencias intelectuales y ejecutivas. La disfunción de alguna de estas habilidades puede contribuir a la dificultad para adquirir una comprensión de los números. Por eso, la discalculia, como la dislexia, no es un trastorno único atribuible a una única anomalía genética, a una deficiencia cognitiva, trastorno del desarrollo o daño en una región específica del cerebro.

Problemas en la enseñanza: por unas matemáticas más naturales

Para saber enseñar hay que saber cómo se aprende

A través de los diferentes conceptos que se desarrollaron en este capítulo podemos visualizar qué implicancias pueden tener éstos para la educación de nuestros niños y jóvenes. Sabemos que para hacer cálculos matemáticos se necesitan dos habilidades principales:

1) Una sensibilidad visual innata a pequeños números (1, 2 y 3), o subitización, que luego se mezcla con la comprensión de cantidades aproximadas.
2) El desarrollo de un sistema de numeración abstracto exacto con cualidades cardinales y ordinales, que hace posible el cálculo y toma años desarrollar.

Respecto a la primera habilidad, es importante reconocer las habilidades matemáticas que requieren de un conocimiento muy pequeño de matemática. No es correcto pensar que los niños tienen un conocimiento muy pequeño de matemática. Los bebés, al igual que otros animales, nacen con la habilidad innata de subitización. Los chicos son extraordinariamente capaces de entender lo que es una suma o una resta. Su sistema de estimación del número es aproximado, no verbal, se extiende a sets de un sólo dígito y se ha observado que la discriminación decae cuando la numerosidad aumenta (efecto del tamaño) y con la distancia entre los números a comparar (efecto de distancia). Reconociendo estas habilidades con las que llegan los niños a la escuela, el desafío para los maestros es no introducir en un principio a la matemática como una disciplina abstracta (eso vendrá después) sino capitalizar esa intuición de las cantidades numéricas asociando primero los símbolos a la intuición correspondiente.

Respecto a la segunda habilidad, si bien todos los niños nacen con una representación de las cantidades numéricas (primera habilidad), también es preciso desarrollarla. La exposición a una lengua, una cultura y sobre todo a una educación cumplen un papel crucial en la adquisición de dominios adicionales más complejos, como por ejemplo pasar de contar con los dedos a imaginar las cuentas o saber las tablas de multiplicar. El aprendizaje de los símbolos visuales y de las reglas necesarias para llevar a cabo cálculos requiere una amplia exposición y una enseñanza específica,

y depende de otras habilidades cognitivas como el lenguaje y las habilidades ejecutivas. Por eso, es importante entender que los niños en edad prescolar necesitan tiempo (generalmente varios años) y una enseñanza particular para aprender los nombres verbales y los símbolos visuales que denotan cada número, y para entender la cardinalidad, ordinalidad y la no variación de su secuencia (incorporar la línea numérica). Solo luego de adquirir estos conceptos los niños desarrollan un sentido abstracto más exacto de los números, lo que les permite más adelante llevar a cabo cálculos más complejos.

¿Por qué para los niños es más fácil sumar y restar, que multiplicar y dividir?

Todos tenemos las mismas posibilidades que nos permite nuestro cerebro para sumar, restar y comparar cantidades aproximadas de manera intuitiva, y para el cual las multiplicaciones o divisiones resultan una pesadilla. Aparentemente aprender a multiplicar no es algo intuitivo. Cuando nuestro cerebro se ve confrontado con una tarea que no forma parte de sus habilidades innatas, como es la multiplicación, utiliza una vasta red de áreas cerebrales para llevarla a cabo.

Para aprender las tablas de multiplicar, recurrimos a estrategias que no están basadas en las representaciones numéricas cuantitativas sino en un aprendizaje verbal de memoria. Cada operación de multiplicación es recordada como una frase de memoria, es decir, como una secuencia específica de palabras. Memorizar todas las posibles combinaciones es una tarea realmente difícil debido a que todas involucran las mismas palabras (que denotan números) ordenadas en forma ligeramente diferente.

Durante los años preescolares ocurre una gran revolución en los procesos mentales relacionados con la aritmética.

Los niños pasan de una comprensión intuitiva de las cantidades numéricas, sustentada por estrategias simples para contar, al aprendizaje memorístico de la aritmética. Es en este momento donde pueden ocurrir las primeras dificultades serias, ya que progresar en matemática de repente implica almacenar gran cantidad de conocimiento numérico de memoria y durante este proceso suelen dejar de lado sus intuiciones acerca de las operaciones aritméticas.

Que "el fantasma" de los números entre amigablemente al aula

Cada una de las clases de matemática que cursan los niños es mucho más que modificaciones de millones de sinapsis en sus cerebros: implican la expresión de genes y formación de millones de neurotransmisores y receptores, la modulación de señales químicas que reflejan el nivel de atención del niño y su compromiso emocional con el tema.

La enseñanza de la matemática debería estar centrada en el desarrollo del razonamiento intuitivo, economizando la información que el docente da para ampliar la posibilidad de establecer relaciones, generar ideas y expresar pensamientos. Si un alumno comete un error, en lugar de corregir el resultado obtenido es mejor conducirlo desde ese resultado, a partir de ejemplos y contraejemplos, para que el alumno sea consciente de su acierto o de su error. En la enseñanza actual de la matemática se pone demasiado énfasis en los conceptos abstractos y en la memorización rutinaria de tablas y reglas numéricas. Este es uno de los principales factores que estancan el desarrollo instintivo de la matemática en el alumno y con ello se dificulta la adquisición de nuevos conceptos. Por este motivo, es mejor que los alumnos resuelvan situaciones problemáticas sin haberles mostrado previamente algún método de resolución.

Desde el punto de vista de la enseñanza, no introducir en el inicio de la escolaridad las reglas de los cálculos más complejos facilita que los niños elaboren otros procedimientos para resolver y representar estas operaciones, más relacionados con sus concepciones sobre la numeración y las propiedades de las operaciones que frecuentemente funcionan de forma implícita. El primer algoritmo de cálculo que todos los niños descubren por sí mismos es el de sumar dos conjuntos contándolos con los dedos. De hecho, elaboran espontáneamente las reglas aritméticas cuando comparan números y establecen criterios como "a mayor cantidad de cifras, mayor es el número", lo que les permite comparar números de diferente cantidad de cifras, y "el primero es el que manda", lo que les permite la comparación de los de la misma cantidad de cifras. La meta entonces es utilizar métodos de enseñanza basados en la comprensión del modo en que el cerebro humano resuelve los problemas matemáticos.

Bibliografía

Dehaene, S. 1997. *The number sense: how the mind creates mathematics*. Nueva York, Oxford University Press.

_______. 2014. *El cerebro lector: Últimas noticias de las neurociencias sobre la lectura, la enseñanza, el aprendizaje y la dislexia*. Buenos Aires, Siglo XXI.

_______. 2016. *El cerebro matemático: Cómo nacen, viven y a veces mueren los números en nuestra mente*. Buenos Aires, Siglo XXI.

Fuentes, A. 2001. "Mecanismos cerebrales del pensamiento matemático", *Revista de Neurología,* 33(6), pp. 568-576.

Lerner, D. 1992. *La matemática en la escuela. Aquí y ahora*. Buenos Aires, Aique.

_______. "¿Tener éxito o comprender? Una tensión constante en la enseñanza y el aprendizaje del sistema de numeración", en Alvarado, M. y Brizuela, B. (comps.), *Haciendo números. Las notaciones numéricas vistas desde la psicología, la didáctica y la historia*. México, Paidós.

Lerner, D., Sadovsky, P. y Wolman, S. 1994. "El sistema de numeración: un problema didáctico", en Parra, C. y Saiz, I. (comps.), *Didáctica de las matemáticas. Aportes y reflexiones*. Buenos Aires, Paidós.

Rapin, I. 2016. "Dyscalculia and the Calculating Brain", *Pediatric Neurology*, 61, pp. 11-20.

Sinclair, A. y Sinclair, H. 1984. *Las interpretaciones de los niños preescolares sobre los números escritos*. Human Learning, vol. 3, pp. 173-184. Traducción de Flavia Terigi.

Terigi, F. 1992. "En torno a la psicogénesis del sistema de numeración: estado de la cuestión, perspectivas y problemas", *Revista Argentina de Educación*, 17.

Terigi, F. y Wolman, S. 2007. "Sistema de numeración: consideraciones acerca de su enseñanza". *Revista Iberoamericana de Educación,* 43.

Wolman, S. 1999. "Los algoritmos de suma y resta: ¿por qué favorecer desde la escuela los procedimientos infantiles?". *Revista del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Educación*, año VIII.

Los autores

Claudio Glejzer

Profesor en Ciencias Naturales ISFD N° 34. El Palomar, provincia de Buenos Aires. Magister en Neurociencias por la Universidad de Barcelona, España. Profesor Adjunto a cargo de la materia Biología: comportamiento, desarrollo y aprendizaje, carrera de Ciencias de la Educación, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. Investigador integrante del UBACyT 2014-2017: "Tipos de alexia y agrafia en pacientes afásicos hispanohablantes" (Director: Aldo Ferreres. Codirectora: Valeria Abusamra).

Alejandra Ciccarelli

Doctora de la Univesidad de Buenos Aires, especialidad en Química Biológica. Licenciada en Ciencias Biológicas, UBA. Profesora de Enseñanza Media y Superior en Biología, UBA-CEFIEC. Jefa de Trabajos Prácticos de la materia Biología: comportamiento, desarrollo y aprendizaje, carrera de Ciencias de la Educación, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

Adriana Maldonado

Profesora de Ciencias Naturales, Instituto Superior del Profesorado, Joaquín V. González. Licenciada en Enseñanza de la Biología, con gestión ambiental, por la Universidad CAECE. Docente de la materia Biología: comportamiento, desarrollo y aprendizaje, carrera de Ciencias de la Educación, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

Manuela Chomnalez

Licenciada en Ciencias Biológicas, UBA. Actualmente cursando el Doctorado en Ciencias Biológicas, especializado en comportamiento animal. Docente de la materia Biología: comportamiento, desarrollo y aprendizaje, carrera de Ciencias de la Educación, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

Florencia Bulit

Doctora en Ciencias Biológicas, UBA. Actualmente desarrolla sus trabajos de investigación en el Laboratorio de Comportamiento Animal en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA. Docente de la materia Biología: comportamiento, desarrollo y aprendizaje, carrera de Ciencias de la Educación, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

Carolina Facchinetti

Doctora en Ciencias Biológicas, UBA. Actualmente desarrolla sus trabajos de investigación en el Laboratorio de Comportamiento Animal en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. Docente de la materia Biología: comportamiento, desarrollo y aprendizaje, carrera de Ciencias de la Educación, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

Analía Ricci

Doctora en Ciencias Biológicas por la Universidad de Buenos Aires. Investigadora Asistente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Docente de la materia Biología: Comportamiento, Desarrollo y Aprendizaje, de la carrera de Ciencias de la Educación, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

Marisol Domínguez

Doctora en Ciencias Biológicas por la Universidad de Buenos Aires. Actualmente desarrolla sus trabajos de investigación en el área de genética de la conservación en el Laboratorio de Ecología y Comportamiento Animal en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. Docente de la materia Biología: comportamiento, desarrollo y aprendizaje, en la carrera de Ciencias de la Educación de la Facultad de Filosofía y Letras de la UBA.