Proyecto Vektor®

Una forma efectiva de llevar tecnología al aula

Documento
de Trabajo
2020-01

Sembrador
Programa de fortalecimiento
de escuelas rurales.

Proyecto Vektor®, una forma efectiva de llevar tecnología al aula

Documento de Trabajo 2020-01

Agradecimientos

Esta publicación presenta los resultados de un proyecto que integra una herramienta tecnológica en el aula, con el objetivo de mejorar el desempeño en matemática de estudiantes de escuelas rurales. El programa fue implementado en la provincia de Entre Ríos, Argentina, en el marco del Programa Sembrador, una iniciativa de la Fundación Bunge y Born en alianza con la Fundación Perez Companc. Agradecemos a todos los colegas e instituciones que nos acompañaron a lo largo del camino. Al equipo de la Fundación Bunge y Born que llevó adelante este proyecto, en particular a Aldana Alvarez, Clara Gonzales Chaves y Eugenia Hernandez, quienes realizaron un extraordinario trabajo de asistencia en tareas de investigación y trabajo de campo; a Lucía Navarro, quien tuvo un rol fundamental en la coordinación de los equipos de planificación, implementación y evaluación; y a Alejandra Candia, quien tuvo un rol clave en la supervisión del equipo de la Fundación Bunge y Born que hizo este proyecto posible. Al Consejo General de Educación de Entre Ríos, por el entusiasmo y acompañamiento activo a lo largo del proyecto. A los equipos de MBC Mori, en particular a Noelia Cairoli, Florencia Ríos, Stefania Salorio, Marcos Morano y Fernanda Cancela, por coordinar y llevar adelante el trabajo en terreno y el relevamiento de datos. A Guillermo Bozzoli y Tomás Olego por el diseño metodológico de la evaluación de impacto, el procesamiento y la interpretación de datos. A María Luz González Gadea, Julia Hermida y Torkel Klingberg por su asesoramiento en neurociencias y por su trabajo en la publicación científica de este proyecto. A Irene Melamed e Ignacio Mastroleo, quienes nos asesoraron en aspectos éticos para el diseño de la intervención. A los revisores de la Fundación Bunge y Born, Fundación Perez Companc y Cognition Matters por sus valiosos comentarios sobre versiones anteriores.

Este trabajo fue financiado por la Fundación Bunge y Born, Argentina; y por la Fundación Perez Companc, Argentina. Los hallazgos e interpretaciones presentados en esta publicación no representan necesariamente el punto de vista de Fundación Bunge y Born, Fundación Perez Companc, Cognition Matters o el gobierno de la provincia de Entre Ríos.

Índice

Introducción 5

Relevamiento de software para la ruralidad 7

Los precursores de las habilidades matemáticas 9

Sobre Vektor® 10

¿Cómo trabaja Vektor® estas habilidades? 12

El proyecto Vektor® en escuelas rurales de Entre Ríos 15

Conclusiones 23

Bibliografía 24

Introducción

A lo largo de los últimos años, el uso de nuevas tecnologías en ámbitos educativos se ha incrementado en distintas partes del mundo. A pesar de ello, la evidencia existente sobre su uso es aún ambigua. Dependiendo de cómo se diseñen los programas, cómo se usen y quién pueda acceder a ellos, las tecnologías educativas podrían aliviar o agravar las disparidades existentes (Escueta, Quan, Nickow, y Oreopoulos, 2017). Al mismo tiempo, la evidencia en países desarrollados parece sugerir que las tecnologías podrían ser más efectivas en los contextos con mayores desigualdades (Laia, Zhang, y Rozelle, 2015).

En particular, los contextos rurales son espacios donde las brechas educativa, socioeconómica y digital se ven potenciadas por la escasez de recursos y el relativo grado de aislamiento y dispersión de las instituciones educativas. Sin embargo, estas mismas características son ventanas de oportunidad para que algunos desarrollos tecnológicos presenten allí su máximo potencial.

En este marco, desde el Programa Sembrador decidimos llevar adelante la evaluación experimental de una herramienta tecnológica que pudiera contribuir al aprendizaje de habilidades matemáticas en alumnos de escuelas de contextos rurales. Tras dos años de diseño, implementación y evaluación, encontramos que el uso de un programa de entrenamiento cognitivo en una tablet, durante 10 semanas, generó que los alumnos mejoren un 54% más en habilidades matemáticas y un 42% más en habilidades visuoespaciales que los alumnos que no usaron Vektor®.

A continuación, te contamos cómo lo hicimos.

Relevamiento de software para la ruralidad

La educación en contextos rurales se ha visto moldeada por diversos factores a lo largo de los años, tales como el relativo grado de aislamiento y dispersión de los habitantes, la baja densidad poblacional, las dificultades de accesibilidad y transporte, la escasez de recursos físicos y humanos, la movilidad asociada al trabajo estacional y la emigración hacia centros urbanos. Caracterizada por la heterogeneidad de realidades que se agrupan bajo la definición de "escuela rural", es posible distinguir dos particularidades frecuentes: el plurigrado o multigrado[1] y la existencia de un plantel docente pequeño, que usualmente se organiza en escuelas unidocentes o de personal único, en las que el docente tiene funciones simultáneas de dirección y de enseñanza[2] (DINIECE, 2015).

A pesar de que usualmente cuentan con infraestructura escasa, sin acceso a dispositivos tecnológicos y, mucho menos, a una conexión a internet estable, las escuelas de contextos rurales siguen siendo espacios prometedores para el uso de la tecnología. La escasez de docentes de grado y de materias especiales, la disminución de días de clase por cuestiones climáticas, la dificultad propia de enseñar simultáneamente a alumnos de distintos grados que comparten el aula y atención del docente, son desafíos frente a los cuales el uso de las nuevas tecnologías tiene mucho para aportar. Sin embargo, para que las intervenciones tecnológicas en el aula no sean un arma de doble filo para el aprendizaje de los niños, el énfasis en un diseño adecuado es crucial (Escueta et al, 2017).

Considerando las características mencionadas, comenzamos por relevar la evidencia existente y experiencias nacionales e internacionales en busca de aplicaciones tecnológicas (en adelante, apps) prometedoras para su uso educativo en el ámbito rural. Para ello, llevamos adelante un análisis de prefactibilidad identificando oportunidades, riesgos y obstáculos para la implementación de tecnología en las escuelas primarias de contextos rurales. El relevamiento estuvo orientado por la necesidad de identificar herramientas de fácil uso, que pudieran funcionar con una infraestructura tecnológica simple y de bajo costo, que no exigieran conocimientos tecnológicos previos, que permitieran el aprendizaje no guiado o autónomo de los alumnos en el aula y que fueran, al mismo tiempo, funcionales a diversas edades y niveles de aprendizaje para responder a las características propias del plurigrado. A su vez, prestamos particular atención al *diseño basado en evidencia científica* del software. Así, ante la escasez de evidencia rigurosa sobre el uso de las apps en el aula, se buscó rigurosidad en el diseño y fundamentos científicos en los que se basan estas herramientas.

En cuanto a la elección de los contenidos a abordar, el foco estuvo puesto en la búsqueda de un software que trabajara sobre el área de matemática, ya que es allí donde la evidencia encuentra mejores resultados al utilizar programas de

1. El plurigrado agrupa a estudiantes de diversas edades y grados en un mismo espacio áulico, con un único docente. Esta agrupación puede ser de todos los grados o de algunos de ellos. El agrupamiento múltiple puede seguir diversos criterios: plurigrado completo, donde se agrupan a los alumnos de todos los grados escolares, por ciclos, de a dos grados, entre otros.

2. Además, el director se encarga de otras tareas de carácter no pedagógico como preparar las comidas de los alumnos, organizar y limpiar el espacio escolar. Estas tareas en ocasiones se comparten con algunos padres y/o madres de la comunidad (DINIECE, 2015).

aprendizaje asistido con computadoras -típicamente conocidos como programas CAL, por las siglas en inglés de *computer assisted learning* (Kulik, 2003; Murphy, Penuel, Means, Korbak, Whaley y Allen, 2002).

De esta forma, tras una búsqueda exhaustiva, elegimos Vektor®, una aplicación que busca entrenar habilidades cognitivas y matemáticas a través de diversos juegos y, así, facilitar el posterior aprendizaje de matemática de niños de 6 a 8 años.

Los precursores de las habilidades matemáticas

Las neurociencias afirman que las habilidades matemáticas requieren de procesos cognitivos más básicos para poder ejecutarse, frecuentemente denominados *precursores*. Existe una vasta evidencia que señala que la atención, la memoria de trabajo y las habilidades visuoespaciales son tres importantes precursores de las habilidades matemáticas.

¿Qué sabemos en particular sobre estos precursores?

1. Atención

La atención es un proceso cognitivo mediante el cual es posible filtrar información del ambiente para su procesamiento cognitivo (Posner y Petersen, 1990). Este proceso está implicado en la realización de cualquier actividad, tanto en el hogar como en la escuela y sus aprendizajes (Rueda, Posner y Rothbart, 2005). Es un proceso que subyace a otros procesos cognitivos básicos y complejos como la memoria de trabajo, las habilidades visuoespaciales, las habilidades matemáticas, el lenguaje, la teoría de la mente, entre otras (Garon, Bryson y Smith, 2008).

2. Memoria de trabajo

La memoria de trabajo es el proceso cognitivo por medio del cual es posible mantener mentalmente la información necesaria para la realización de una tarea durante su ejecución (Baddeley, 1992). Este tipo de procesamiento cognitivo no sólo permite almacenar información, sino también manipularla (buscar cierta información en un conjunto más amplio de información diversa, transformarla, compararla con otra, etc.) (De Smedt, Janssen, Bouwens, Verschaffel, Boets y Ghesquière, et al., 2009). Se trata de un proceso cognitivo básico para la realización de múltiples tareas cotidianas y escolares (Gathercole, Lamont y Alloway, 2006). Así, por ejemplo, sería imposible aprender a sumar sin recordar las reglas que deben seguirse para hacerlo (sumar unidades con unidades, decenas con decenas, etc.) o, desde una perspectiva más general, sería imposible generar cualquier aprendizaje escolar si un niño no puede recordar el objetivo de la tarea.

3. Habilidades visuoespaciales

Se denomina habilidades visuoespaciales a las funciones que permiten representar mentalmente y manipular objetos de dos y tres dimensiones (Uekermann y Daum, 2001). Estas habilidades son útiles para distintos aspectos de la vida cotidiana, por ejemplo, para calcular la distancia entre objetos y poder estacionar un vehículo, para imaginar un sitio o dirección sobre los que nos están hablando o cuando necesitamos girar objetos mentalmente para saber de qué manera quedarán posicionados, antes de hacerlo. En la escuela, los niños utilizan habilidades visuoespaciales para diversas acciones y en distintas áreas curriculares. Por ejemplo, en Matemática se usa en geometría y medición (Giofrè, Mammarella,

Ronconi y Cornoldi, 2013), para comprender mapas (Hawes y Ansari, 2020), en el dominio de la línea numérica (Krajewski y Schneider, 2009; Li y Geary, 2013) y, por tanto, en el desarrollo de habilidades matemáticas (Simms, Clayton, Cragg, Gilmore y Johnson, 2016).

Distintas investigaciones en niños sin trastornos específicos del aprendizaje han mostrado que la memoria de trabajo, las habilidades visuoespaciales y la atención se encuentran altamente correlacionadas con las capacidades matemáticas (e.g., Alloway y Alloway, 2010; Bull, Espy, y Wiebe, 2008; Gathercole, Pickering, Ambridge y Wearing, 2004). Además, otros estudios indican que el entrenamiento de estas habilidades básicas impacta de manera positiva en el desarrollo de las nociones matemáticas (e.g. Käser, Baschera, Kohn, Kucian, Richtmann y Grond et al., 2013; Kucian, Grond, Rotzer, Henzi, Schönmann, y Plangger et al., 2011; Link, Huber, Fischer y Nuerk, 2013; Nemmi, Helander, Helenius, Almeida, Hassler, Räsänen, y Klingberg, 2016). Estos resultados han sido replicados en innumerables estudios, algunos de los cuales se realizaron en el contexto local (Lopez, 2013; Vernucci, Canet-Juric, Andrés y Burin, 2017; Cerillo et al, 2015; Goldin et al., 2014; Hermida, Segretin, Prats, Fracchia, Colombo y Lipina, 2015).

En síntesis, la evidencia sugiere que, para favorecer el desempeño matemático, no sólo es necesario enseñar contenidos matemáticos, sino también estimular el desarrollo adecuado de los procesos cognitivos básicos vinculados al aprendizaje de estos saberes[3]. Este proyecto se enfocó, por tanto, en entrenar estos predictores.

Sobre Vektor®

Vektor® es una aplicación que busca fomentar el desarrollo de las habilidades matemáticas, de la memoria de trabajo y del razonamiento visuoespacial, para la mejora en el aprendizaje de matemática. Se desarrolló en base a la investigación neurocientífica sobre el aprendizaje temprano de matemática[4].

Esta app tiene características que la vuelven una herramienta apta para utilizarse en escuelas de contextos rurales: (1) no reemplaza la clase de matemática, pero facilita su posterior enseñanza; (2) su uso no requiere la participación activa del maestro y permite el aprendizaje autónomo de los alumnos; (3) es de fácil uso y no requiere que los niños tengan conocimientos previos ni de lectoescritura ni de matemática; (4) puede ser utilizado por niños de distintas edades[5]; (5) se adapta al ritmo de aprendizaje de cada alumno[6]; (6) no requiere de conexión a internet para su utilización y (7) una vez completados los 20 minutos de juego, la aplicación se cierra automáticamente y no es posible seguir jugando. En este proyecto, se recomendó el uso diario de la app durante 20 minutos, 4 veces por semana, para alcanzar un total de 40 sesiones a lo largo de 10 semanas.

3. Estas habilidades no funcionan como compartimentos estancos, sino que son procesos que interaccionan de manera dinámica. Además, existe una jerarquía entre todas estas habilidades; así la atención es más básica que la memoria de trabajo y que las habilidades visuoespaciales y éstas, a su vez, son más básicas que las habilidades matemáticas (Garon, Bryson, y Smith, 2008).

4. Para más información, ver www.cognitionmatters.org.

5. Si bien Vektor® está orientado a niños de 6 a 8 años de edad, puede ser utilizado por niños mayores en caso de que presenten dificultades en el aprendizaje de la matemática.

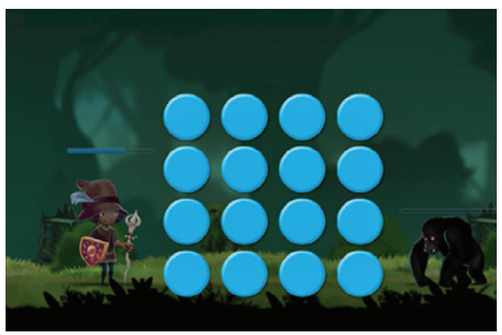
6. El desarrollo de habilidades matemáticas sigue en cada niño un ritmo o velocidad diferente y depende, asimismo, del desarrollo de habilidades de dominio general como la atención, memoria de trabajo, y habilidades visuoespaciales (Kaufmann, Wood, Rubinsten y Henik, 2011; Käser et al., 2013; Nemmi et al., 2016). Por esta razón, los programas computarizados que ajustan los niveles de aprendizaje y dificultad de acuerdo al nivel de desempeño y progreso de cada niño suelen ser las herramientas más efectivas para el aprendizaje de habilidades matemáticas (Käser et al., 2013; Nemmi et al., 2016).

¿Cómo trabaja Vektor® estas habilidades?

Vektor® incluye la estimulación de estos predictores a través de un entrenamiento combinado matemático-cognitivo. En este sentido, Vektor® es una aplicación para favorecer las habilidades matemáticas que presenta una diferencia crucial con otros juegos evaluados científicamente: combina el entrenamiento cognitivo con el entrenamiento numérico (Räsänen, Laurillard, Käser, y von Aster, 2019).

Tareas y habilidades que trabaja Vektor®

La aplicación ofrece una serie de tareas en formato de juegos: 1. Cuadrícula (Grid), 2. Línea numérica (Number line), 3. Barras (Ten Pals), 4. Razonamiento no verbal y Rotación.

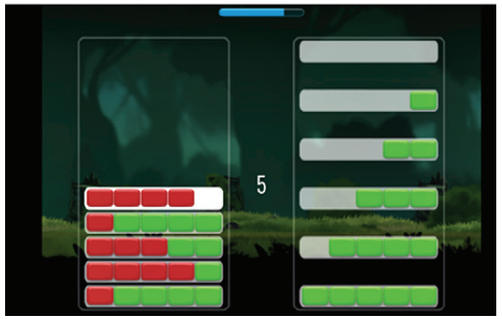


Cuadrícula (Grid)

Es un tipo de entrenamiento de memoria de trabajo visuoespacial en el que se presenta de manera secuenciada una serie de puntos en una cuadrícula y el niño debe reproducir de memoria la misma secuencia que apareció previamente (Klingberg, Fernell, Olesen, Johnson, Gustafsson y Dahlstrîm et al, 2005). Dado que los puntos son todos iguales, el niño sólo puede guiarse mediante claves visuoespaciales para recordar los puntos que fueron apareciendo. La aplicación ajusta automáticamente la dificultad al aumentar la extensión de los elementos.

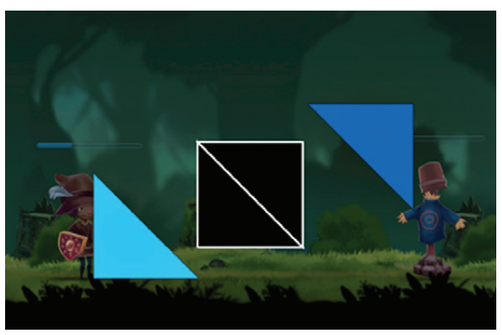
Línea numérica

El juego consiste en una recta numérica en la que se presentan números naturales en orden creciente y continuo, siguiendo distancias iguales entre ellos. Al mismo tiempo, se presentan números en la pantalla (como símbolo arábigo). El niño deberá deslizar su dedo por la línea numérica hasta llegar al lugar correspondiente al número indicado en la pantalla, es decir, completar la recta numérica en la posición que corresponda. La dificultad se modera inicialmente al eliminar las señales espaciales (por ejemplo, desaparecen guías en la recta numérica) y luego progresa a problemas matemáticos (por ejemplo, pasa de sumas a restas).



Barras (Ten Pals)

El juego consiste en realizar operaciones de suma para alcanzar el número presentado. Así, se debe concretar la suma pedida mediante barras que contienen distintas unidades dentro, es decir, que son líneas numéricas parcialmente llenas. Para ello, se presentan barras del lado izquierdo de la pantalla, a las que se les debe asignar una de las barras del lado derecho para completar la cantidad de unidades necesarias para llenar la barra en su totalidad. De este modo, las sumas se realizan al completar las barras del lado izquierdo de la pantalla. La dificultad se modera al aumentar progresivamente el número de opciones posibles y la eliminación de ayudas visuales (para una descripción más detallada ver Butterworth, Varma y Laurillard, 2011).



Razonamiento no verbal y Rotación

Por un lado, se deben completar secuencias de mosaicos con la imagen correcta para llenar el espacio que se encuentra en blanco en cada mosaico o imagen. Por otro lado, se llevan adelante tareas de rotación mental en dos dimensiones (2D) para completar el mosaico, que aumentan progresivamente en dificultad.

El proyecto Vektor® en escuelas rurales de Entre Ríos

Llevamos adelante el proyecto en 80 escuelas rurales de la provincia de Entre Ríos, Argentina, entre julio y noviembre de 2019. Su objetivo fue la implementación y evaluación del entrenamiento matemático cognitivo contenido en Vektor®. Así, realizamos la "evaluación de impacto" del proyecto Vektor®. Las evaluaciones de impacto buscan identificar los cambios que se pueden atribuir a una intervención. En este caso, buscamos ver si el uso de Vektor® durante 10 semanas podría generar algún cambio en los precursores de aprendizaje de las habilidades matemáticas de los niños de las escuelas participantes.

Nuestra forma de saber si la aplicación Vektor® generó una mejora se basa en un principio sencillo: la comparación entre dos grupos de escuelas similares. Para ello, se seleccionaron al azar dos grupos de 40 escuelas cada uno. Uno de esos grupos, típicamente llamado *grupo de tratamiento*, recibió al inicio del proyecto una tablet para cada alumno[7] con la aplicación Vektor®, y se les pidió que la utilizaran en horario de clase, 4 veces por semana en sesiones de 20 minutos cada una, durante un total de 10 semanas. El otro grupo, frecuentemente denominado *grupo control* en la jerga científica, recibió un libro de literatura por alumno y una propuesta pedagógica entregada al docente para utilizar opcionalmente el libro en aulas de plurigrado.

La asignación al azar de escuelas aseguró una elección imparcial de qué escuela participaría en cada grupo. Además, también permitió obtener grupos equivalentes en términos estadísticos, es decir, que los grupos estuvieran conformados por escuelas con características observables[8] similares.

Al comparar cómo le fue a un grupo con el otro, es posible ver si el uso de Vektor® generó mejoras adicionales respecto a la clase de matemática tradicional –es decir, respecto al grupo sin tablets-. Para llevar adelante la comparación, fue necesario hacer un diagnóstico inicial de las habilidades de los alumnos que serían estimuladas por Vektor® antes de que el proyecto comenzara y, luego, volver a evaluar esas mismas habilidades al final del proyecto. Así, se tomó una evaluación inicial o línea de base durante dos semanas de julio y agosto 2019. En octubre y noviembre de 2019, después de un promedio de 10 semanas desde el comienzo, se volvieron a tomar las mismas evaluaciones.

Sin perjuicio de lo anterior, una vez terminado el proyecto, todas las escuelas recibieron el material que el otro grupo había recibido al principio, con la misma explicación sobre cómo usarlo. Así, todas las escuelas participantes recibieron las tablets con Vektor® y los libros con una propuesta pedagógica.

7. Los docentes con grado a cargo también recibieron, cada uno, una tablet con la aplicación Vektor®.

8. Se habla de "similaridad en características observables" porque la comparación de escuelas sólo puede realizarse en función de características que pueden ser observadas o registradas, por ejemplo, el nivel socio-económico, los grados de los alumnos, entre otros. Esto reconoce que hay otras características más difíciles de observar en la práctica y que, por tanto, resulta difícil tomar en cuenta.

Conociendo el efecto tratamiento de Vektor®

Al visitar a las escuelas en dos tandas de viajes, pudimos conocer las habilidades[9] de los alumnos al inicio y al final del proyecto y comparar cómo le fue a cada grupo de escuelas en el tiempo. En otras palabras, pudimos ver cuánto mejoró cada grupo a lo largo de 10 semanas, a través de las evaluaciones de inicio y fin de proyecto.

Se puede decir que la diferencia en los rendimientos en las evaluaciones entre julio y noviembre entre las escuelas "de tratamiento" y las escuelas "de control", por ser estos grupos comparables entre sí, es adjudicable únicamente al efecto de la tablet con Vektor®. En términos técnicos, esto suele llamarse "efecto tratamiento" (Angrist y Pischke, 2009; Rubin, 1974).

Es decir, la idea es que ambos grupos de escuelas y alumnos mejoran en los tests cuando pasa el tiempo[10], además de las mejoras producidas por el efecto de aprendizaje de repetir las mismas evaluaciones en una segunda visita[11]. Como ambos grupos son similares entre sí, se asume que las mejoras por el paso del tiempo serán, por tanto, similares. Así, si los alumnos del grupo de escuelas de tratamiento obtuvieron mejoras *adicionales* en el rendimiento en las evaluaciones, esta diferencia positiva se atribuye al impacto de haber utilizado la tablet con Vektor® (Glennerster y Takavarasha, 2013; Gertler, Martinez, Premand, Rawlings y Vermeersch, 2016).

Estudio Aleatorizado de Bloques

El estudio tuvo un tipo de diseño experimental llamado estudio aleatorizado de bloques (o CRT, por las siglas en inglés de Cluster Randomized Trial). En este tipo de estudios, la unidad de análisis es la escuela (el "bloque" o *cluster*, por su traducción al inglés). Por ende, muchos de los resultados se calcularon a nivel escuela y no a nivel alumno, aunque en la práctica son evaluaciones a los alumnos.

En este caso, se formaron pares de 2 escuelas lo más similares posibles entre sí. La similaridad se determinó en función de características tales como la cantidad de alumnos total y por grado, características socioeconómicas a nivel local tomadas del Censo 2010, entre otras. Dentro de cada bloque de escuelas similares se asignó, al azar, una al grupo control y otra al grupo tratamiento.

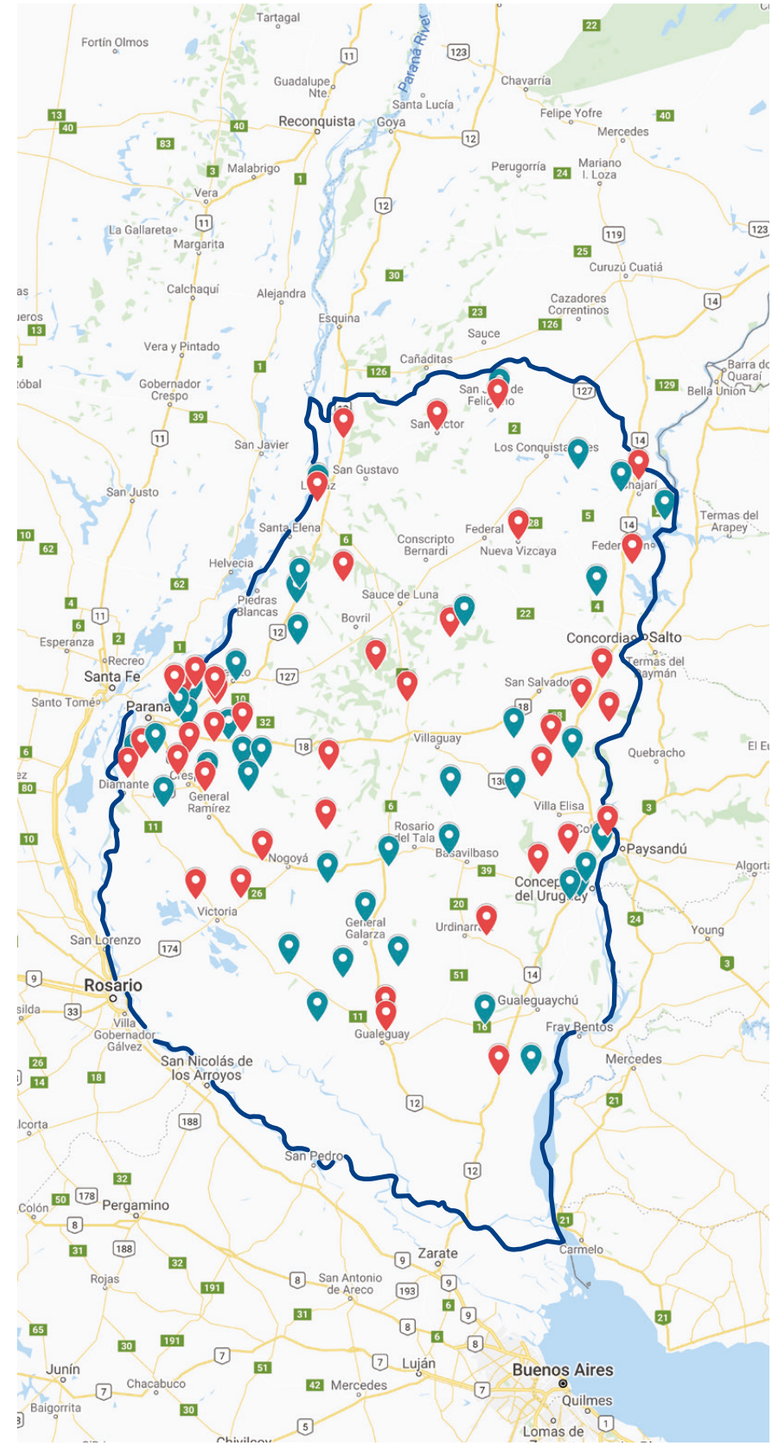
En síntesis, se generaron 40 pares de escuelas muy similares entre sí de forma que se pudiera comparar su trayectoria en el tiempo y, así, entender si las tablets con Vektor® contribuyen a la mejora de las habilidades cognitivas y matemáticas de los niños.

9. Como se menciona a lo largo de este documento, sólo se evaluaron las habilidades de interés para el proyecto: las habilidades matemáticas, por un lado, y sus precursores cognitivos - habilidades visuoespaciales, la memoria de trabajo y la atención.

10. El paso del tiempo supone las actividades del día a día, por ejemplo, los procesos pedagógicos que los niños atraviesan en la escuela.

11. Es decir, que los niños aprenden la dinámica de las evaluaciones y entienden mejor las consignas en una segunda administración de las evaluaciones.

Mapa de escuelas seleccionadas de Vektor® 2019



Escuelas del grupo control

Escuelas del grupo tratamiento

Fuente: Google Maps.

Evaluaciones y encuestas, los instrumentos de medición

Las evaluaciones y la entrega de materiales -fueran tablets o libros- se llevaron adelante en dos tandas de viaje, una en Julio-Agosto y otra en Octubre-Noviembre. Cada tanda de visitas duró, en promedio, tres semanas.

Cada escuela se visitó al menos dos veces durante el proyecto, aunque las escuelas con matrícula más alta fueron visitadas más veces para incluir a la mayor cantidad de alumnos posible en la evaluación. Las visitas fueron realizadas por 57 colaboradoras del proyecto, cuidadosamente seleccionadas y capacitadas. Todas las visitas fueron llevadas adelante respetando un máximo de 4 colaboradoras por escuela por visita.

En la intervención se utilizaron evaluaciones psicométricas estandarizadas[12] para medir específicamente las mejoras en las habilidades matemáticas, visuoespaciales, de memoria de trabajo y atención. Estas evaluaciones se administraron en papel y lápiz, de forma individual y fuera del aula, para evitar la distracción de los alumnos con estímulos del ambiente.

¿Qué alumnos fueron evaluados? Los alumnos se seleccionaron al azar. Cada equipo de colaboradoras fue a las visitas iniciales con una lista de todos los alumnos de la escuela previamente confeccionada y ordenada de manera aleatoria[13]. Así, garantizamos que todos los alumnos tuvieran la misma posibilidad de participar, aún si finalmente el tiempo no permitía que todos los alumnos lo hicieran[14]. En la segunda tanda de visitas, se procuró evaluar a los mismos alumnos que se había evaluado al principio del proyecto. En total, se pudieron evaluar 1304 alumnos en ambas visitas.

Por otro lado, al finalizar el proyecto, los directores de las escuelas recibieron cuestionarios autoadministrables con el objetivo de comprender algunas dimensiones cualitativas del estudio. Se indagaron, por ejemplo, las opiniones de los directivos sobre el proyecto en general, el uso de los materiales, las dificultades asociadas al uso de tecnología en clase, aspectos no observables de los alumnos (como la motivación), el desempeño y la actitud del grupo de soporte técnico y los colaboradores que asistieron a las visitas, entre otros.

12. Los test psicométricos son instrumentos de evaluación o medición de ciertas habilidades, constructos o áreas psicológicas y/o cognitivas de una persona. La medición se realiza a través de la realización de una serie de tareas especialmente diseñadas y probadas, que permiten observar algún indicador válido y confiable de lo que se busca medir (para más información, ver Vitoratou y Pickles, 2017).

13. En el orden de las listas, se priorizó a los alumnos de 2° a 6° grado. Así, primero se listó en orden aleatorio a todos los alumnos en este rango, y luego se incluyó a los de 1° grado también en orden aleatorio.

14. Únicamente se trabajó con alumnos cuyos padre, madre o tutor hubiera firmado el consentimiento informado correspondiente.

Evaluaciones psicométricas

Las evaluaciones o tests psicométricos elegidas fueron: 1. fluidez en matemática, 2. percepción de diferencias, 3. retención de dígitos y 4. construcción con cubos. Se utilizaron las mismas evaluaciones al inicio y final del proyecto.

1. Test de Fluidez en matemática (habilidades matemáticas)
Este test está incluido dentro de la Batería III de Woodcock-Muñoz, mide el logro matemático (*math achievement* en inglés) y la facilidad numérica (*numerical facility*). En este proyecto se utilizó como indicador de habilidades matemáticas. ¿En qué consiste? Se le solicita al niño que resuelva rápidamente problemas básicos de suma, resta y multiplicación dentro de un período de 3 minutos.

2. CARAS-R. Test de Percepción de Diferencias (Atención a objetos)
El test CARAS-R (Thurstone y Yela, 2012) evalúa la atención sostenida y selectiva a objetos, mediante la discriminación rápida de semejanzas y diferencias en patrones visuales. Contiene 60 ítems en donde se muestran tres figuras de caras y el niño debe identificar, lo más rápidamente posible sin cometer errores, cuál de las tres caras es diferente de las otras dos en un período de 3 minutos.

3. Test de retención de dígitos (memoria de trabajo)
Este test está incluido dentro de la batería de pruebas de la Escala de Inteligencia para niños de Wechsler (Wechsler, 2011) y se utilizó para evaluar la memoria de trabajo. Está compuesto por dos partes: “orden directo”, en la cual se solicita al niño que repita una serie de números en el mismo orden que se le mencionaron (por ejemplo: 5-9-1, el niño debe decir: 5-9-1). A medida que avanza el test, los ítems van incrementando la cantidad de dígitos (hasta nueve). Esta primera parte del test evalúa la capacidad atencional del niño y la memoria a corto plazo –en su aspecto de retención de información-. En la segunda parte del test, “orden inverso”, se solicita al niño que repita números en el orden inverso al que fueron mencionados (por ejemplo: 3-9-4, el niño debe decir: 4-9-3). Al igual que en la primera parte, los ítems van incrementando la cantidad de dígitos. Esta segunda parte evalúa la memoria de trabajo vinculada al aspecto de manipulación de la información.

4. Test de construcción con cubos (habilidades visuoespaciales)
Este test también está incluido dentro de la Escala de Wechsler (Wechsler, 2011) donde compone, junto con otros subtests, el índice de razonamiento perceptivo. En este proyecto se utilizó como un indicador de las habilidades de razonamiento visuoespaciales. ¿En qué consiste? Se le entrega al niño cierta cantidad de cubos (todos iguales con dos caras lisas rojas, dos caras lisas blancas, y dos caras mitad blanco y mitad rojo) y se le muestra una figura[15] que debe reproducir con los cubos. El test aumenta su dificultad mediante el incremento en el número de cubos, el modelo de figura que se solicita y la información presente en el modelo.

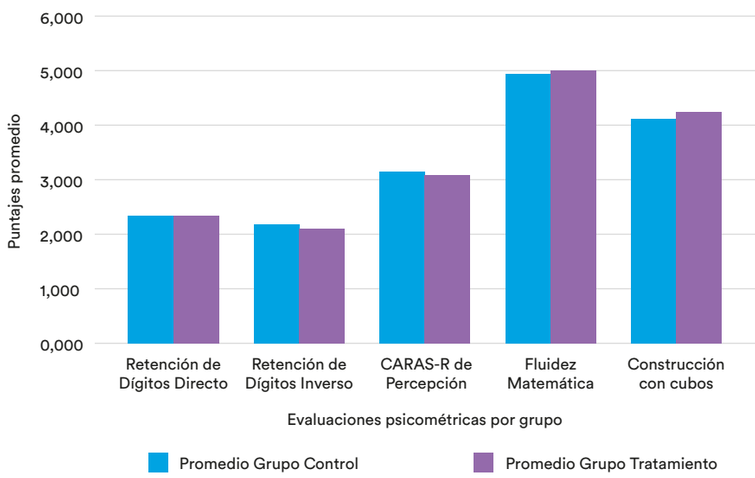
15. Es decir, una imagen impresa de una figura que alcanzar con los cubos.

Confirmando la comparabilidad de los grupos

Como las escuelas se asignaron a cada grupo de forma aleatoria, es necesario verificar si son similares en un conjunto de características, al menos al inicio del estudio. Para ello, se compara la composición de cada grupo en términos de la información disponible, es decir, de algunas características observables de las escuelas. Así, cuando se verifica que no hay diferencias significativas entre los grupos, suele decirse que *los grupos se encuentran estadísticamente balanceados*. En un sentido metafórico, esto quiere decir que comparamos unidades iguales, por ejemplo, manzanas con manzanas.

Además, sería lógico esperar que si los grupos eran similares antes de comenzar la intervención, los resultados de las evaluaciones iniciales fueran, en promedio, similares. Esto se verifica comparando los promedios de la evaluación de línea de base entre ambos grupos. Esta comparación se realiza considerando las características de las escuelas y alumnos.

Puntajes promedio en evaluaciones iniciales por grupo de intervención (tratamiento/control)



NOTA: Los puntajes se encuentran normalizados.

Seguimiento en el tiempo

Para poder inferir correctamente si un cambio en el tiempo (entre la primera y la segunda visita) fue estadísticamente relevante o no, es importante que en la visita final se puedan volver a evaluar los mismos alumnos que al principio del proyecto. Es decir, que no se "pierda" una gran cantidad de observaciones entre una y otra instancia. En este caso, logramos cumplir el criterio de seguimiento en el tiempo, y aproximadamente el 93% de los alumnos contactados en la primera visita estaban presentes en la segunda.

Mejoras a través del tiempo

Puesto que se tomaron 4 evaluaciones psicométricas, era posible que las mejoras ocurrieran en tan solo alguna de las habilidades evaluadas y no en todas, estadísticamente hablando. De hecho, como son cinco los indicadores de resultado[16], existían varias combinaciones posibles.

16. Esto se debe a que Retención de Dígitos se subdivide en "orden directo" y "orden indirecto".

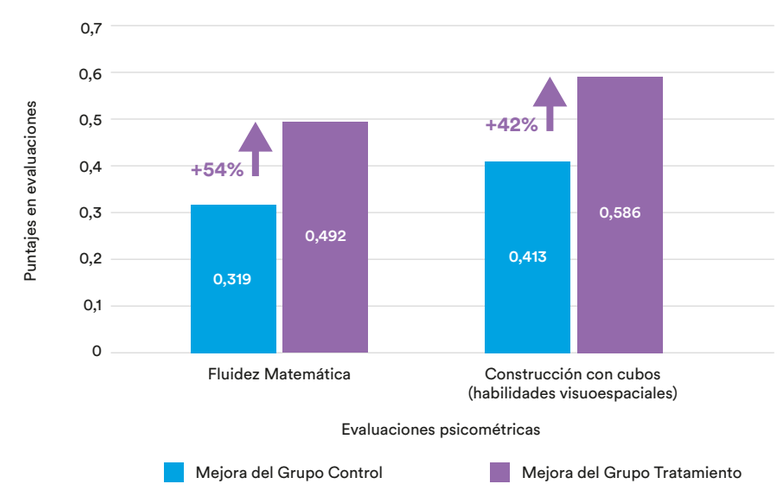
¿Qué encontramos? Encontramos que dos indicadores presentan mejoras prometedoras: si bien en promedio ambos grupos (control y tratamiento) mejoraron en el tiempo, los que inicialmente jugaron con Vektor® en las tablets experimentaron una mejora estadísticamente mayor en habilidades matemáticas (fluidez matemática) y visuoespaciales (construcción con cubos) que el otro grupo.

En el test de fluidez en matemática, el grupo de tratamiento experimentó una mejora un 54% mayor a la registrada en el grupo que recibió libros al inicio del proyecto. Así, si bien en las escuelas de control los alumnos mejoraron en promedio 0.319 unidades** en el test, las escuelas que usaron Vektor® obtuvieron ganancias *adicionales* de 0.173 unidades, es decir, mejoraron en total 0,492 unidades. Este resultado sugiere que el uso de las tablets con Vektor® tuvo un impacto positivo en el desarrollo de habilidades matemáticas.

De la misma manera, en el test de construcción con cubos, los estudiantes del grupo tratamiento experimentaron, tras diez semanas, una mejora que fue un 42% mayor a las registradas en el grupo de control. Así, si bien en las escuelas de control los alumnos mejoraron en promedio 0.413 unidades en el test, las escuelas que usaron Vektor® obtuvieron ganancias adicionales de 0.173 unidades, es decir, mejoraron en total 0,586 unidades. Esto sugiere un efecto positivo en las habilidades visuoespaciales de los alumnos de las escuelas del grupo tratamiento.

En el resto de las evaluaciones no se observó un cambio significativo entre los grupos de control y tratamiento. Y, por lo tanto, no se puede concluir que se hayan producido cambios en la atención o la memoria de trabajo debido al uso de las tablets con Vektor®.

¿Cuánto mejoró cada grupo después de la intervención?



Nota: Los puntajes se encuentran normalizados. Resultados estimados con una regresión lineal robusta, incluyendo características de las escuelas y alumnos como control.

Conclusiones

A través de esta evaluación de impacto descubrimos que con una rutina de 20 minutos diarios de uso de una tablet con Vektor®, con una frecuencia sugerida de 4 veces por semana durante 10 semanas, se logró mejorar más las habilidades visuoespaciales y matemáticas de los alumnos en las escuelas del grupo tratamiento, en comparación con el grupo control.

¿Qué aprendimos de esta evaluación de impacto?

- La tecnología podría convertirse en una gran herramienta para reducir brechas educativas allí donde los recursos son más escasos. Este proyecto tuvo lugar dentro del aula, involucrando tanto a docentes como a estudiantes, no requirió capacitación docente adicional y demostró ser efectivo para mejorar las habilidades matemáticas de los niños.

- Las inversiones en hardware podrían generar rendimientos mayores y positivos en los resultados del aprendizaje si se adopta el software y una forma de implementación apropiados al contexto y sus necesidades.

- Es posible contribuir a la educación desde la ciencia y generar evidencia sobre formas innovadoras de incorporar recursos al aula. Nuestro estudio comprendió un grupo de análisis de aproximadamente 1300 alumnos de escuelas en contextos rurales y siguió criterios de evaluación internacionales, rigurosos y confiables. Esperamos que esta experiencia sirva de inspiración para la política pública educativa y para la generación de nueva evidencia sobre el uso de tecnología aplicada a la educación en el país.

¿Qué queda por saber?

- Nuevas investigaciones podrían evaluar si Vektor® es capaz de generar efectos positivos en aspectos no medidos en esta intervención, como por ejemplo, en indicadores relacionados con otras áreas académicas, o en variables no cognitivas, como la motivación de los estudiantes o la tasa de ausentismo. También sería interesante explorar las razones por las cuales no se han podido detectar efectos en la memoria de trabajo o la atención.

- Otra pregunta importante que queda por responder es si el efecto positivo observado en algunas habilidades luego del uso de Vektor® se mantiene a lo largo del tiempo, o si se desvanece una vez finalizada la intervención. La sustentabilidad de esta intervención requeriría de un seguimiento de largo plazo de los efectos encontrados en este estudio.

Bibliografía

Alloway, T. P., y Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. Journal of experimental child psychology, 106(1), 20-29.

Angrist, J., y Pischke, J. (2009). Mostly Harmless Econometrics: An Empiricist's Companion. *Princeton University Press*

Baddeley, A. (1992). Working memory. Science, 255(5044), 556-559.

Brenlla, M. E., Taborda, A., y Labin, A. (2013). Descripción del WISC-IV. En M. E. Brenlla y A. Taborda (Comps.) Guía para una interpretación integral del WISC-IV (pp.56- 58). Buenos Aires, Argentina: Paidós.

Bull, R., Espy, K. A., y Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. Developmental neuropsychology, 33(3), 205-228.

Butterworth, B., Varma, S. y Laurillard, D. (2011). Dyscalculia: from brain to education. Science 332:1049-1053.

Cerillo, S. R., Barreyro, J. P., y Injoque-Ricle, I. (2015). El rol de la función ejecutiva en el rendimiento académico en niños de 9 años. Neuropsicologia Latinoamericana, 7(2).

De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B., y Ghesquière, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. Journal of experimental child psychology, 103(2), 186-201.

Del Giudice, E., Grossi, D., Angelini, R., Crisanti, A. F., Latte, F., Fragassi, N. A., y Trojano, L. (2000). Spatial cognition in children. I. Development of drawing-related (visuospatial and constructional) abilities in preschool and early school years. Brain and development, 22(6), 362-367. DOI: 10.1016/s0387-7604(00)00158-3

DiNIECE. (2015). Panorama de la educación rural en Argentina. Buenos Aires. Ministerio de Educación.

Escueta, M., Quan, V., Nickow, A.J., y Oreopoulos, P. (2017). Education technology: an evidence based review. NBER Working Paper No. 23744, National Bureau of Economic Research.

Garon, N., Bryson, S. E., y Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. Psychological bulletin, 134(1), 31.

Gathercole, S. E., Lamont, E., y Alloway, T. P. (2006). Working memory in the classroom. In S. Pickering (Ed.), Working memory and education. Amsterdam: Elsevier Press

Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., y Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. Developmental psychology, 40(2), 177.

Gertler, P., Martinez, S., Premand, P., Rawlings, L. y Vermeersch, C. (2016). "Impact Evaluation in Practice". International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank: Washington, DC.

Giofrè, D., Mammarella, I. C., Ronconi, L., y Cornoldi, C. (2013). Visuospatial working memory in intuitive geometry, and in academic achievement in geometry. *Learning and Individual Differences*, 23: 114-122.

Glennerster, R., y Takavarasha, K. (2013). "Running randomized evaluations: a practical guide". *Princeton University Press,* Princeton, NJ.

Goldin, A. P., Hermida, M. J., Shalom, D. E., Costa, M. E., Lopez-Rosenfeld, M., Segretin, M. S., ... y Sigman, M. (2014). Far transfer to language and math of a short software-based gaming intervention. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(17), 6443-6448.

Hawes, Z. y Ansari, D. (2020). What explains the relationship between spatial and mathematical skills? A review of evidence from brain and behavior. *Psychonomic Bulletin y Review*. https://doi.org/10.3758/s13423-019-01694-7

Hermida, M. J., Segretin, M. S., Prats, L. M., Fracchia, C. S., Colombo, J. A., y Lipina, S. J. (2015). Cognitive neuroscience, developmental psychology, and education: Interdisciplinary development of an intervention for low socioeconomic status kindergarten children. Trends in Neuroscience and Education, 4(1-2), 15-25.
Käser, T., Baschera, G. M., Kohn, J., Kucian, K., Richtmann, V., Grond, U., y von Aster, M. (2013). Design and evaluation of the computer-based training program Calcularis for enhancing numerical cognition. Frontiers in psychology, 4: 489.

Kaufmann, L., Wood, G., Rubinsten, O., and Henik, A. (2011). Meta analyses of developmental fMRI studies investigating typical and atypical trajectories of number processing and calculation. Dev. Neuropsychol. 36, 763–787. doi: 10.1080/87565641.2010.549884

Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlstrîm, K., Gillberg, C.G., Forssberg, H. y Westerberg, H. (2005). Computerized Training of Working Memory in Children with ADHD - a Randomized, Controlled Trial. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry, 44:177-186.

Krajewski, K. y Schneider, W. (2009). Exploring the impact of phonological awareness, visual-spatial working memory, and preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103: 516-531. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.03.009.

Kucian, K., Grond, U., Rotzer, S., Henzi, B., Schönmann, C., Plangger, F., Gälli, M., Martin, E. y von Aster, M. (2011). Mental number line training in children with developmental dyscalculia. NeuroImage, 57(3): 782-795.

Kulik, J. A. (2003). Effects of using instructional technology in elementary and secondary schools: What controlled evaluation studies say (SRI Project No. P10446.001). Arlington, VA: SRI International.

Laia, L., Zhang, H., y Rozelle, S. (2015). Does computer-assisted learning improve learning outcomes? Evidence from a randomized experiment immigrant schools in Beijing. Economics of Education Review. https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2015.03.005

Li, Y., y Geary, D. C. (2013). Developmental gains in visuospatial memory predict gains in mathematics achievement. PloS one, 8(7), e70160.

Link, T.M., K; Huber, S.; Fischer, U.; Nuerk, H-C. (2013) Walk the number line - An embodied training of numerical concepts. Trends in Neuroscience and Education, 2, 74-84.

López, M. (2013). Rendimiento académico: su relación con la memoria de trabajo. Actualidades Investigativas en educación, 13, 3, 1:19

Murphy, R., Penuel, W., Means, B., Korbak, C., Whaley, A., y Allen, J. (2002). E-DESK: A review of recent evidence on discrete educational software (SRI International Report). Menlo Park, CA: SRI International

Nemmi, F., Helander, E., Helenius, O., Almeida, R., Hassler, M., Räsänen, P., y Klingberg, T. (2016). Behavior and neuroimaging at baseline predict individual response to combined mathematical and working memory training in children. Developmental Cognitive Neuroscience, 20, 43-51

Posner, M. I., y Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. Annual review of neuroscience, 13(1), 25-42.

Räsänen, P., Laurillard, D., Käser, T., y von Aster, M. (2019). Perspectives to Technology-Enhanced Learning and Teaching in Mathematical Learning Difficulties. In: International Handbook of Mathematical Learning Difficulties (pp. 733-754). Springer, Cham.

Rubin, D. (1974) “Estimating causal effects of treatments in randomized and non-randomized studies”. Journal of Educational Psychology, 66 (5): 688-701.

Rueda, M. R., Posner, M. I., y Rothbart, M. K. (2005). The development of executive attention: Contributions to the emergence of self-regulation. Developmental Neuropsychology, 28(2), 573-594.

Simms, V., Clayton, S., Cragg, L., Gilmore, C., y Johnson, S. (2016). Explaining the relationship between number line estimation and mathematical achievement: the role of visuomotor integration and visuospatial skills. *Journal of experimental child Psychology*, 145: 22-33.

Thurstone, L. L. y Yela, M. (2012). CARAS-R. Test de Percepción de Diferencias-Revisado. Madrid, España: TEA

Uekermann, J. y Daum, I. (2001) Capítulo en International Encyclopedia of the Social y Behavioral Sciences, 10605-10609, https://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/01295-X

Vernucci, S., Canet-Juric, L., Andrés, M. L., y Burin, D. I. (2017). Comprensión lectora y cálculo matemático: El rol de la memoria de trabajo en niños de edad escolar. Psykhe (Santiago), 26(2), 1-13

Vitoratou, S. y Pickles, A. (2017). A note on contemporary psychometrics, *Journal of Mental Health*, DOI: 10.1080/09638237.2017.1392008

Wechsler, D. (2011). Escala de inteligencia para niños de Wechsler (WISC-IV). Buenos Aires: Paidós.

Proyecto Vektor®,
una forma efectiva de llevar tecnología al aula

Equipo de trabajo
Aldana Pilar Alvarez
Guillermo Bozzoli
Alejandra Candia
Clara María Gonzales Chaves
Lucía Navarro
Tomás Olego

Contenido desarrollado en el marco del Programa Sembrador,
un programa de la Fundación Bunge y Born en alianza con la Fundación Perez Companc.
Buenos Aires, 2020.

Fundación
Perez Companc

FUNDACIÓN
BUNGE Y BORN