

## INFORME FINAL DE RESULTADOS DEL PROYECTO:



# JUGANDO A ESTIMAR

Preparando el aprendizaje de la matemática

<http://cognicionnumerica.psico.edu.uy>

1

### Institución Responsable:



### Investigadores participantes:

#### Por CIBPsi:

Alejandro Maiche  
Juan Valle-Lisboa  
Magdalena González  
Mario Luzardo  
Alvaro Mailhos  
Leticia Carve

#### Por Johns Hopkins:

Justin Halberda  
Robert Eisinger  
Darko Odic  
Melissa Libertus  
Lisa Feigenson

---

## INDICE de CONTENIDOS

---

<b>INDICE de CONTENIDOS .....</b>	<b>2</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
1.1. <i>Bases cognitivas del conocimiento matemático.....</i>	<i>6</i>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>9</b>
3.1 <i>Descripción de Actividades.....</i>	<i>11</i>
1ª FASE (15-Marzo - 15-Junio): PREPARACIÓN .....	12
2ª FASE (15-Junio – 15-Setiembre): PROGRAMACIÓN.....	13
3ª FASE (15-Setiembre - 1 de Diciembre): INTERVENCIÓN.....	16
4ª FASE (2-Diciembre - 30-Abril 2014): ANÁLISIS de los DATOS.....	22
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>23</b>
4.1 <i>Sobre el desempeño en matemática.....</i>	<i>23</i>
4.2 <i>Sobre la discriminación temporal .....</i>	<i>30</i>
4.3 <i>Sobre la capacidad de memoria a corto plazo .....</i>	<i>32</i>
4.4 <i>Sobre los controles .....</i>	<i>33</i>
<b>5. PRIMERAS CONCLUSIONES.....</b>	<b>36</b>
5.1 <i>¿Qué sabemos ahora? ¿Qué hemos aprendido? ¿Hacia dónde ir? .....</i>	<i>37</i>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>38</b>
<b>6. APÉNDICE.....</b>	<b>42</b>

### Nota aclaratoria previa:

---

El presente informe pretende resumir los elementos más importantes de la investigación e intervención en cognición numérica realizada mediante Tabletas durante el segundo semestre de 2013 en una muestra de 766 escolares pertenecientes a 32 grupos de 1º año escolar de 10 escuelas de la ciudad de Montevideo. Para ello, se diseñaron un total de 17 aplicaciones diferentes en formato juego que se aplicaron a cada uno de los niños que conformaron la muestra de nuestro estudio. La enorme cantidad de datos generada hace que el análisis de los mismos en este informe sea una tarea prácticamente inabordable y que, al mismo tiempo, necesitemos de otros formatos de presentación de datos y resultados que el que permite un informe como éste. Por esta razón, el presente informe va acompañado, por un lado, de un apéndice donde se analizan estadísticamente todas las variables utilizadas en cada uno de los ejercicios planteados (ver anexo) y, por otro lado, de un recurso web<sup>1</sup> que esperamos contribuya a la comprensión cabal de las actividades desarrolladas durante el proyecto y facilite la visualización e interpretación de los datos. En este sentido, esperamos que el recurso web se convierta en un canal abierto para la incorporación de nuevos análisis con el objetivo de establecer de esta manera un proceso de devolución continua de datos y análisis que podría transformarse, en el mediano plazo, en una plataforma activa de consulta en relación a los resultados de esta investigación y otras investigaciones.

El acceso a la web desarrollada con este objetivo está actualmente restringido a los investigadores del proyecto y a los responsables del plan Ceibal<sup>2</sup> ya que, en su estado actual, la web se considera un complemento de este informe y, en este sentido, tiene carácter confidencial. Asimismo, la web cumple la función de contener información complementaria a este informe que puede resultar fundamental para comprender la magnitud del proyecto desarrollado. A modo de ejemplo, la posibilidad de re-leer el proyecto originalmente presentado (ver menú "preparación" en la web) muestra con claridad que las tareas realizadas en el marco de este proyecto superaron ampliamente la propuesta acordada inicialmente. Esto se debió fundamentalmente a las posibilidades que fueron surgiendo una vez iniciado el proyecto y que no quisimos desaprovechar. En este sentido, es

---

<sup>1</sup> El recurso web que acompaña a este informe está aun en construcción, pero seguramente este 100% operativo durante la semana que comienza el 11/8.

<sup>2</sup> La web se encuentra disponible en <http://cognicionnumerica.psico.edu.uy> y la contraseña para acceder a los contenidos es: guri

necesario aclarar que esta magnificación del proyecto es responsabilidad exclusiva de los investigadores y, específicamente, del investigador responsable de este proyecto.

## 1. INTRODUCCIÓN

---

El plan Ceibal, y su instalación en el 100% del territorio nacional, constituye actualmente la mejor plataforma existente para el desarrollo de programas de intervención e investigación en relación a las capacidades cognitivas de los escolares uruguayos. La posibilidad que representa que cada niño disponga libremente de su computador con acceso a Internet multiplica los posibles abordajes de investigación así como los programas de intervención. Dentro de los posibles programas de intervención que es factible implementar a través del Plan Ceibal están, por un lado, aquellos que apuntan a fortalecer las capacidades cognitivas de los niños (como el caso que se presenta en este informe); pero, también es posible implementar programas que apunten a fortalecer variables psicológicas (como la autoestima o cuestiones afectivas) que sería deseable comenzar a implementar.

Desde esta perspectiva, y aprovechando la introducción de Tabletas en una parte de los escolares de 1º año que realizó el Plan CEIBAL durante el año 2013, propusimos la realización de un programa de intervención en cognición numérica con fines de investigación en escolares de primer año de Montevideo. La intervención plantea como objetivo central el fortalecimiento de las capacidades de estimación de cantidades de los escolares mediante juegos/tareas específicamente diseñados para la Tableta. La idea básica a partir de la que se desarrolló el programa es que, al contrario de lo que creía Piaget hacia mitad del siglo pasado (Piaget, 1967), los niños desde muy pequeños poseen un cierto sentido del número que estructura lo que los psicólogos cognitivos han denominado "Sistema Aproximado Numérico" (ANS, por su sigla en Inglés). Mediante este sistema, los niños, e incluso hasta los bebés de 6 meses, son capaces de identificar el subconjunto con mayor número de unidades (Xu & Spelke, 2000; Agrillo, 2012; Starr, Libertus y Brannon, 2013). En una investigación ya clásica del año 2000 (Xu y Spelke, 2000) se logró mostrar que los bebés de 6 meses eran capaces de discriminar entre imágenes de 8 y 16 elementos aunque fallaban al intentar discriminar entre 8 y 12 unidades. Estos resultados permitieron

afirmar que, desde muy temprano, los niños desarrollan un cierto sentido numérico que les permite, por ejemplo, discriminar dónde hay más elementos al comparar dos conjuntos.

### 1.1. Bases cognitivas del conocimiento matemático

Como toda competencia humana compleja, la de entender y producir conceptos matemáticos y movilizarlos para resolver problemas, no se asienta en una única capacidad cognitiva, ni puede decirse de ella que es algo completamente innato o completamente aprendido. Al igual que en la mayoría de estos casos, el aprendizaje de la matemática se apoya en diferentes sistemas de conocimientos (Carey, 2009; Dehaene, 1997; Feigenson, Dehaene, & Spelke, 2004) que son además utilizados en tareas diversas y que tienen una base ontogenética modificable por el aprendizaje. La teoría de los sistemas de conocimientos “nuclear” (*core knowledge systems*) postula que en el desarrollo surgen sistemas de conocimientos fundamental que constituyen la base de la adquisición de nuevas habilidades, conceptos y sistemas de conocimientos (Kinzler & Spelke, 2007). Según esta teoría, los humanos tenemos cuatro o cinco sistemas de conocimientos fundamental; un sistema que permite representar e identificar objetos; un sistema que permite representar agentes y sus intenciones; un sistema que permite representar conjuntos y sus propiedades de cantidad, ordenamiento y adición; un sistema que permite la representación de lugares en el espacio y sus propiedades geométricas y, aún en discusión, un sistema que permite representar las interacciones sociales intra e inter grupo. Desde el punto de vista neurobiológico, estos sistemas de conocimientos están sustentados en redes que ocupan zonas específicas, pero distribuidas en el cerebro (Gebuis, Gevers, & Cohen Kadosh, 2014; Izard, Dehaene-Lambertz, & Dehaene, 2008; Tudusciuc & Nieder, 2007)

La manera en cómo los diferentes sistemas de conocimientos se movilizan durante el aprendizaje de la matemática ha recibido mucha atención en los últimos años (Dehaene, 1997; Dehaene y Brannon, 2011). En particular, las evidencias apuntan a que el ANS es fundamental para el desarrollo de la noción de número y puede -por tanto- impactar sobre el aprendizaje de la aritmética pero también sobre ramas más abstractas de la matemática. El ANS es un sistema cognitivo ancestral que compartimos con especies filogenéticamente

cercanas (Cantlon, 2012; Tudusciuc & Nieder, 2007) pero también con otras especies más lejanas, tales como ratas (Meck & Church, 1983), palomas (Scarf, Hayne, & Colombo, 2011) e incluso peces (Agrillo, Dadda, & Bisazza, 2007; Bisazza, Serena, Piffer, & Agrillo, 2010).

Al parecer, venimos al mundo con la capacidad de identificar cantidades (de manera no simbólica) en los objetos que nos rodean. Sin dudas, esta capacidad se relaciona con nuestro sistema perceptivo y surge justamente ligado a la capacidad de discriminar objetos. Por esta razón, los resultados publicados en el año 2000 por Elizabeth Spelke y colaboradores (que lograron mostrar que los bebés de 6 meses eran capaces de discriminar entre 8 y 16 elementos) resultan impactantes ya que se introduce al sentido del número como uno de los pilares a partir de los cuales construimos nuestra arquitectura cognitiva. En esta misma línea, hace escasos meses otro grupo de investigadores, pero también integrado por Spelke, muestran que niños recién nacidos (48 hs de vida) orientan su mirada hacia un estímulo visual que es consistente en número de elementos con un conjunto de tonos y pulsos (de Hevia, Izard, Coubart, Spelke, & Streri, 2014) dando a entender que ya a las 48 horas de vida existen precursores de lo que conocemos como sentido numérico. Lo más interesante de este tipo de resultados es que nos muestra capacidades cognitivas que están presentes en el niño casi desde su nacimiento como la posibilidad de estimar cantidades de manera intuitiva y sin necesidad de manejar símbolos; es decir sin hacer uso de la necesidad de contar (Dehaene, 1997; Feigenson, Dehaene & Spelke; 2004). De todas maneras, el hecho de que las propiedades del ANS puedan identificarse tempranamente no debería confundirse con ideas deterministas. Existen evidencias de que es posible entrenar y mejorar sustancialmente la precisión del ANS (Hyde, Khanum, & Spelke, 2014; Park & Brannon, 2013) y que esa mejora puede transferirse a la matemática.

En este sentido, es claro que la educación y el ambiente son claves ineludibles para el desarrollo matemático de los niños, pero existe controversia aún en la literatura sobre si el sentido numérico es o no un precursor conceptual del desarrollo de las habilidades matemáticas. Muy recientemente han comenzado a aparecer estudios que muestran una fuerte correlación entre la precisión del ANS y la habilidad matemática formal o sistema numérico exacto que es lo que se trabaja en la escuela. Este tipo de estudios apuntan a la

posibilidad de predecir la capacidad matemática formal de los niños a partir de su *performance* previa en el ANS (Halberda, Mazocco & Feigenson, 2008; Starr, Libertus & Brannon, 2013; Feigenson, Libertus y Halberda, 2013; Libertus, Feigenson y Halberda, 2011). A modo de ejemplo, en un reciente estudio publicado en Octubre de 2013, Starr, Libertus y Brannon (2013) muestran que aquellos bebés de 6 meses que habían sido más precisos a la hora de discriminar entre 2 subconjuntos de puntos son los que al cabo de 3 años (cuando tenían 3.5 años) presentaban mejor evaluación en sus capacidades matemáticas medidas mediante el TEMA3 (*Test of Early Mathematics Ability*<sup>3</sup>). Este tipo de descubrimiento muestra que el sentido numérico y el ANS son algo así como los ladrillos básicos sobre los que luego se asentará el conocimiento matemático y, por tanto, nos desafía a desarrollar intervenciones a nivel educativo que apunten a fortalecer el sentido numérico incluso antes de que los niños comiencen a contar.

Inspirados en estas ideas, propusimos diseñar una intervención destinada específicamente a fortalecer las capacidades de estimación en niños de 6 años. Dicho programa consistió en la realización de 10 sesiones por niño, a lo largo de 5 semanas. Estas sesiones incluyeron la aplicación en Tableta de una prueba especialmente diseñada para evaluar las capacidades matemáticas de los niños<sup>4</sup> y evaluaciones de otras habilidades cognitivas como la memoria de trabajo o la atención visual de los niños que también fueron evaluadas mediante pruebas en formato juego específicamente diseñadas para las Tabletas del plan ceibal.

---

<sup>3</sup> Test estandarizado para la evaluación de matemáticas en niños a partir de los 3 años de edad. Consiste en una serie de preguntas administradas verbalmente que evalúan la habilidad de conteo, la habilidad de comparación, el conocimiento numérico y la habilidad de cálculo. Fue desarrollado por Ginsburg y Baroody (2003).

<sup>4</sup> Es necesario aclarar que el estado uruguayo dispone de un sistema informatizado de evaluación de competencias pwsólo a partir de tercer año escolar y, en ese sentido, no se dispone aún de una prueba estandarizada ni tan sólo de un banco de ítems adecuados al nivel de primer año. Por otro lado, en una investigación como esta resulta imposible utilizar los instrumentos estandarizados internacionalmente para la evaluación de capacidad matemática como el TEMA3 por no disponer de los baremos y, por otro lado, por ser tests que fueron diseñados para aplicación individual (en el caso del TEMA3, la evaluación promedio de cada niño es de unos 45 minutos).

## 2. OBJETIVOS

---

1. Desarrollar una intervención/investigación educativa a través de las Tabletas del plan Ceibal que apunte a fortalecer el sentido numérico en niños de primer año.
2. Probar la eficacia del programa de intervención diseñado a través de medidas del desempeño en matemática formal.
3. Desarrollar un instrumento de medida fiable de las competencias matemáticas de los niños uruguayos de entre 6 y 7 años de edad para las Tabletas del plan Ceibal.
4. Establecer las bases de una colaboración científica estable con el plan Ceibal que permita diseñar programas de intervención-investigación tanto sobre las capacidades cognitivas como sobre aspectos sociales y afectivos a través de las Tabletas del plan Ceibal.

## 3. METODOLOGÍA

---

Se utilizó un diseño pre-post tomando como *variable independiente* el contexto sociocultural de las escuelas, determinado a partir del quintil al que pertenece cada escuela que, a su vez, es determinado por el Índice de Características Socioculturales 2010 (ICSC 2010) elaborado por la División de Investigación, Evaluación y Estadística de Anep. Este índice se basa en el nivel educativo de las madres, el nivel socioeconómico del hogar así como en la integración social, laboral y educativa del mismo. Como *variables dependientes*, se consideró el desempeño medio para las diferentes tareas aplicadas. Para la evaluación específica de las habilidades matemáticas se diseñó una prueba de evaluación específica de competencias matemáticas que contenía 8 tareas-juego que se aplicaron distribuidas en 2 días (días 1 y 2 para la evaluación pre y días 9 y 10 para la evaluación post). Además, se aplicaron otras tareas-juego para medir diferentes funciones cognitivas de alto nivel como memoria a corto plazo (*Span* de dígitos) o Discriminación temporal.

Este tipo de metodología es generalmente complementada con una situación control a fin de descartar los efectos del propio paso del tiempo como responsable de los

posibles efectos. Sin embargo, las condiciones en las que se desarrolló esta investigación<sup>5</sup> hacía imposible disponer de un buen grupo control (aquel con iguales condiciones que el grupo experimental, pero que no está expuesto al tratamiento). De todas maneras, con el objetivo de disponer de alguna medida de control externo, se coordinaron dos visitas puntuales a 3 escuelas de Montevideo donde se aplicaron algunas de los juegos de los días 1, 2 y 3 en un sólo día y basándonos en las Tabletas que disponía el equipo de investigadores. Luego de la aplicación inicial, se dejaron pasar 5 semanas sin ningún tipo de interacción de nuestra parte con los niños ni con la maestra de cada una de las 3 clases de control y se volvió a aplicar el mismo paquete de juegos a modo de evaluación post.

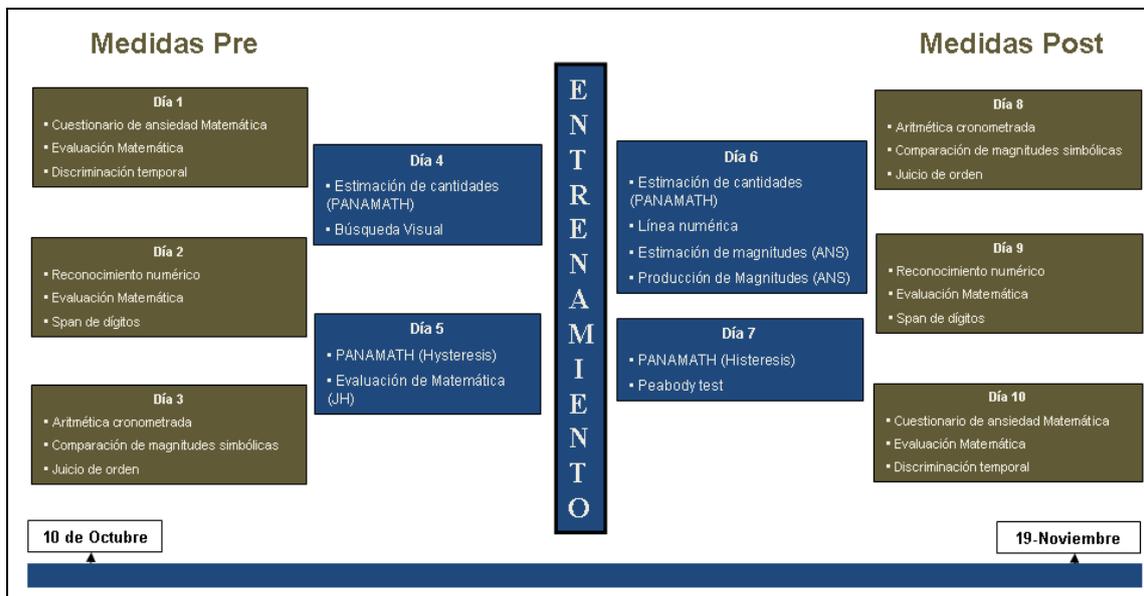
Es justamente durante la evaluación post que nos damos cuenta de un problema que no sería menor y que terminó por invalidar los datos provenientes de estas 3 clases. En conversación con las maestras responsables de cada clase surge que, durante el tiempo de nuestra ausencia de 5 semanas y dado que ellas, durante la aplicación pre-test, habían observado un muy bajo desempeño de sus alumnos en algunas de las tareas planteadas, se había procedido a trabajar específicamente sobre aquellos ejercicios que, durante la aplicación pre, habían observado generaba mayor dificultad en los niños. La constatación de este hecho en las 3 clases era coherente con lo que mostraban los resultados en cuanto a aumentos muy fuertes en ejercicios específicos y, por tanto, decidimos descartar del análisis estos datos. De más está decir que se trata de un error de planificación por parte del equipo de investigación que no tuvo en cuenta la necesidad de consignar muy fuertemente el rol de la maestra en el proceso de investigación. De todas maneras, existen controles internos en el propio diseño pre-post que presentaremos en el apartado de resultados.

De manera general, es importante tener en cuenta que cada tarea-juego aplicado presentaba al niño información escrita sobre su dinámica de juego y, al mismo tiempo, las instrucciones habladas (que los niños escuchaban mediante los auriculares que al comienzo de cada sesión les entregaban los aplicadores). Asimismo, cada sesión comenzaba con una explicación verbal que realizaban los aplicadores sobre cada una de las tareas a ejecutar ese

---

<sup>5</sup> Nuestra muestra alcanza a la totalidad de escuelas de Montevideo que dispusieron de tabletas para Octubre de 2013. El resto de las tabletas del programa piloto (10.000 en total) se entregaron cerca de la finalización del año en la ciudad de Montevideo.

día (ver figura 1). Dicha explicación estaba acompañada de material visual, láminas impresas con las pantallas de las distintas tareas (ver figura 1).



**Figura 1:** Esquema general de los días y las tareas aplicadas durante la investigación-intervención.

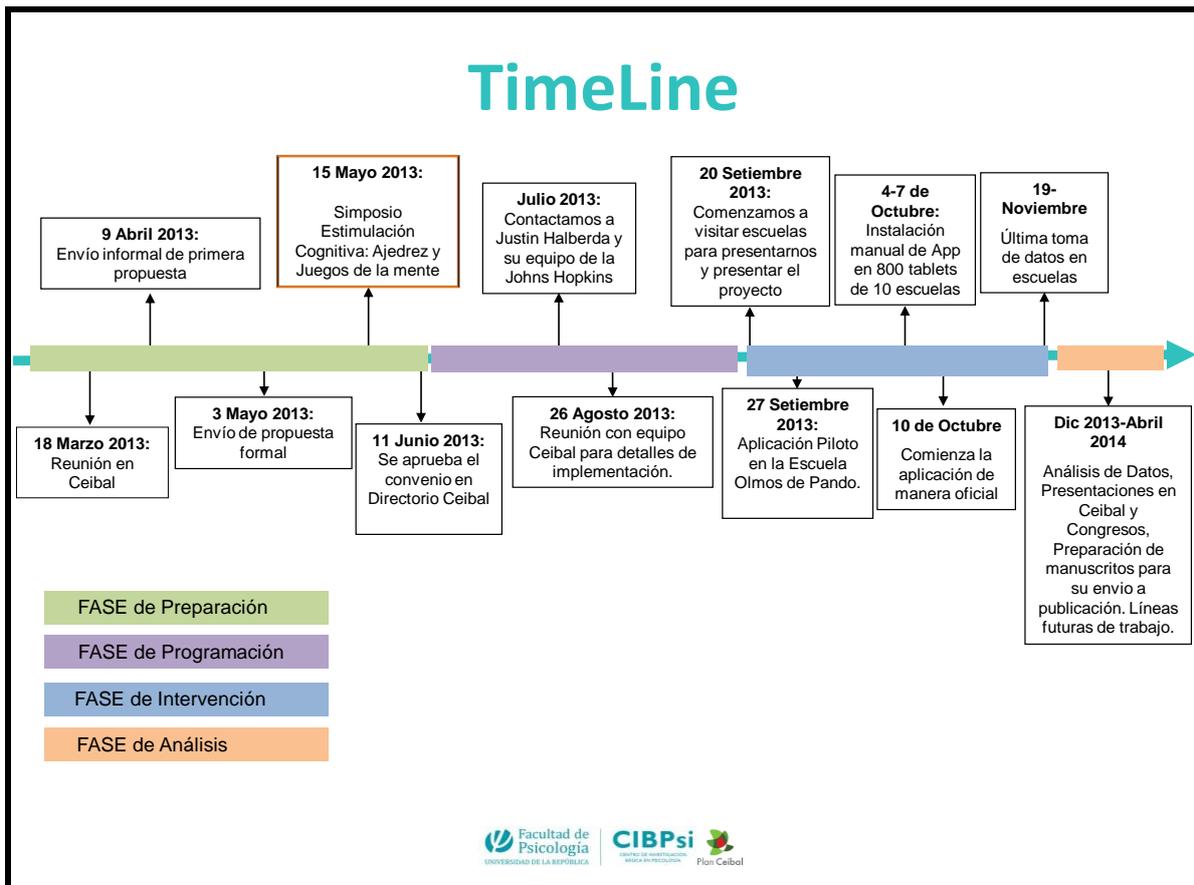
Para la realización de las tareas, las Tabletas se conectaban a un servidor (alojado en la Facultad de Psicología) a través de la red inalámbrica de la escuela. En el servidor se encontraban todas las tareas potencialmente realizables por un niño pero cada una de ellas era llamada mediante una contraseña basada en imágenes que los aplicadores daban a los niños al final de la explicación de la tarea juego<sup>6</sup>. En las Tabletas corría una pequeña aplicación desarrollada por nosotros para activar el navegador web apropiado y enviar al servidor el identificador particular de cada Tableta a partir del cual se puede identificar al niño que le pertenece dicha Tableta. De esta manera, se puede identificar de qué escuela y clase proviene cada simple dato que llega al servidor.

### 3.1 Descripción de Actividades

Para poder cumplir con los objetivos antes mencionados, se desarrollaron diferentes actividades organizadas en cuatro fases. En la figura 2 se muestra una línea de tiempo que

<sup>6</sup> Esto permitía, entre otras cosas, sincronizar los tiempos de todos en cuanto a escuchar instrucciones, juego, vuelta a las instrucciones.

ubica las 4 fases así como los principales hitos que tuvieron lugar en cada una de ellas. En el [recurso web](#) que acompaña este informe podrán encontrar mayor información sobre las actividades así como una muestra del material audiovisual recabado durante las diferentes actividades de cada fase que esperamos sea útil para comprender los aspectos más vivenciales del proyecto.



**Figura 2:** Línea de tiempo que muestra las diferentes fases por las que pasó el proyecto y los hitos de cada una de ellas con sus fechas respectivas.

A continuación, se resumen las actividades desarrolladas en cada una de las 4 fases en que el proyecto se desarrolló:

### 1ª FASE (15-Marzo - 15-Junio): PREPARACIÓN

Este período de preparación comienza con una primera reunión en Marzo con el presidente del plan Ceibal donde surge la posibilidad de realizar investigaciones cognitivas a través de las Tabletas y culmina con la aprobación del proyecto presentado en directorio el 11 de Junio de 2013. Si bien esta fase es previa a la firma del convenio que establece el

marco de trabajo, consideramos pertinente incluir este tiempo dentro de las fases del proyecto propiamente ya que es justamente en este tiempo que se construye la propuesta inicial de intervención-investigación que presentamos. Para ello, fueron fundamentales las reuniones mantenidas primero con Miguel Brechner donde nos plantea su interés en desarrollar investigación vinculada a la introducción del programa Tabletas así como posteriores reuniones con el asesor de la presidencia de Ceibal, Miguel Mariatti, que permitieron orientar la propuesta a un campo de interés de ambas partes.

Coherentes con esta línea de trabajo, durante este período organizamos el 1er Simposio Regional sobre "[Estimulación Cognitiva, Ajedrez y Juegos de la Mente](#)" que tuvo lugar en Mayo en la Facultad de Psicología. En este período se comienza a trabajar en conjunto con la psicopedagoga Magdalena González hacia la construcción de una prueba específica para evaluar los aprendizajes formales en matemática a los 6 años.

## **2ª FASE (15-Junio – 15-Setiembre): PROGRAMACIÓN**

Durante esta fase tiene lugar el contacto con el Prof. Justin Halberda de la Universidad Johns Hopkins quien, junto a su equipo, posibilitó el desarrollo de buena parte de los juegos/tareas utilizadas así como de la interfaz de usuario que finalmente decidimos utilizar. El Prof. Halberda es uno de los máximos referentes en el campo de la cognición numérica en el mundo y, al momento de escribir este informe, podemos asegurar que la colaboración científica iniciada con él y su equipo es sólo el comienzo de una serie de colaboraciones que esperamos sean un activo permanente para el Plan Ceibal y el país en su conjunto.

En esta fase se definen los aspectos logísticos y técnicos claves del proyecto. El proyecto implicó un importante desarrollo de tareas informáticas (de arquitectura y de programación) y, al mismo tiempo, una serie de definiciones ligadas a aspectos específicos de la puesta en marcha de la intervención-investigación. Ambos aspectos debían ser abordados con celeridad e implicaron la contratación de aproximadamente 12 personas en Uruguay y la coordinación con al menos 3 investigadores diferentes del equipo de la Johns Hopkins y con Elizabeth Spelke de Harvard University que asesoró en la elaboración del cuestionario de ansiedad Matemática.

## A) Tareas Informáticas

Las tareas informáticas vinculadas a este proyecto pueden subdividirse básicamente en 2 tipos. Por un lado, las tareas más relacionadas con la arquitectura necesaria para la captura, el almacenamiento y la protección de los datos que se recogerían durante la intervención y, por otro lado, las tareas de programación (juegos de estimulación y prueba de evaluación).

Las tareas ligadas a la arquitectura necesaria para llevar a cabo un proyecto de estas características fueron adjudicadas a la unidad de informática de la Facultad de Psicología. A grandes rasgos, este equipo se encargó de la instalación de un servidor dedicado con suficiente ancho de banda y capacidad para soportar picos de hasta 300 datos por segundo desde diferentes puntos de la ciudad<sup>7</sup>. Asimismo, este equipo asumió la responsabilidad por la protección y el respaldo de los datos recogidos.

La programación de los juegos se desarrolló en Baltimore y Montevideo simultáneamente a través de dos equipos de informáticos que trabajaron de manera independiente pero coordinada. En la Universidad Johns Hopkins se desarrollaron aquellos juegos que apuntaban a fortalecer el ANS de los niños y las tareas-juego que se utilizaron para medir otras capacidades cognitivas generales como la memoria de trabajo o la atención. En Montevideo se contrató un programador independiente para implementar en las Tabletas la prueba diseñada para la evaluación de las competencias matemáticas a los 6 años. Las tareas de programación del equipo uruguayo incluyeron:

- la implementación en lenguaje javascript de los 8 ejercicios que componen la prueba de evaluación.

---

<sup>7</sup> Esta cantidad ingente de datos se debe a que se apostó a registrar toda interacción de los niños con cada uno de los juegos en tiempo real. A día de hoy, el servidor donde se registraron los datos contiene unos 320.000 filas organizados en dos bases de datos (una para las pruebas de evaluación matemática y otra para los juegos de fortalecimiento del ANS).

- la app que permitía la conexión de cada Tableta con el Servidor y el envío de su identificador (IMAP) a través del cual se accedía a los datos de cada niño (género, edad, grupo, escuela, etc.)
- el protocolo de transmisión de los datos al servidor y la estructura de la base de datos (MySQL) donde se almacenaron estos datos.

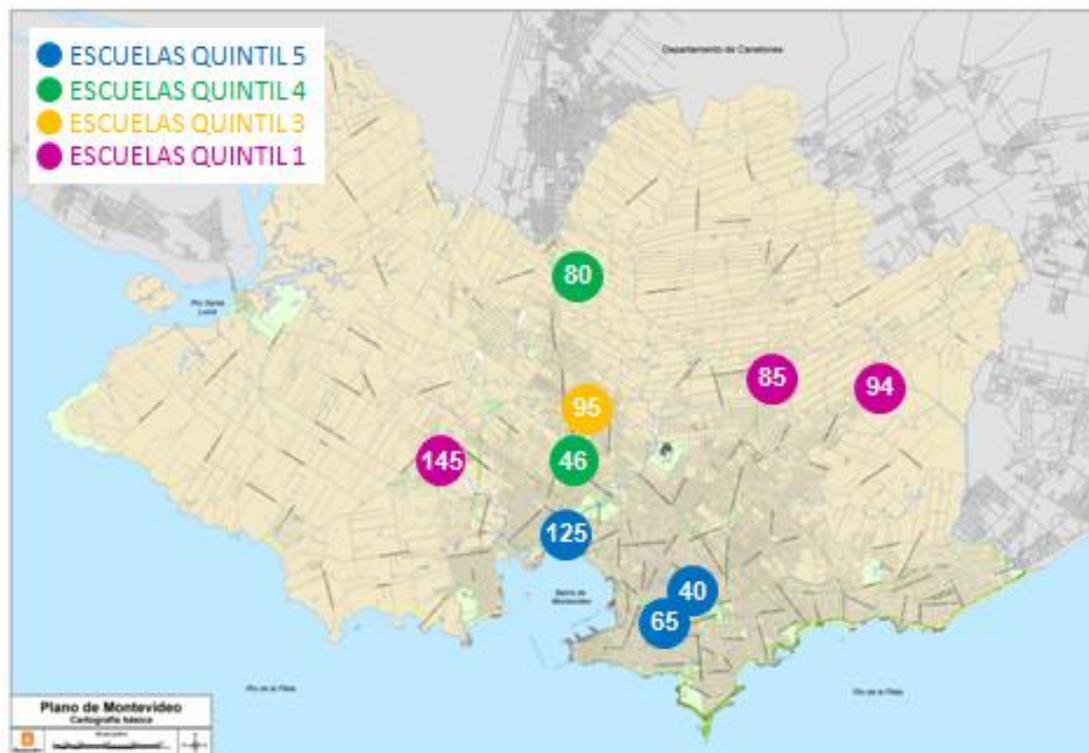
## **B) Tareas ligadas a la implementación de la intervención-investigación**

Con el objetivo de coordinar la intervención se contrató a un antropólogo (Lic. Alvaro Adib) con altos niveles de experiencia en la introducción de tecnología en escuelas públicas a partir del proyecto Flor de Ceibo (UdelaR) y capacidad técnica para coordinar la intervención. El diseño de la intervención implicaba que la aplicación fuera mediada por integrantes del equipo de investigación a fin de mantener controladas determinadas variables. Para ello, se conformaron 4 parejas de estudiantes (un estudiante de psicología + un estudiante de flor de Ceibo) a los que se asignaron entre 6 y 9 grupos a su cargo según el caso<sup>8</sup>. Por tanto, se contrataron también a 8 estudiantes para el rol de aplicadores (4 de Psicología y 4 del programa flor de Ceibo). Ellos fueron los encargados de sostener los 10 días de aplicación que requería la intervención en cada uno de los 32 grupos de primer año que se utilizaron en el estudio. La intervención se realizó en 10 escuelas de la capital. Cada pareja de estudiantes visitó a cada clase asignada 2 veces por semana en horario y días específicos durante las 5 semanas que duró la intervención (del 10 de Octubre al 19 de Noviembre). Las 10 escuelas elegidas para el estudio pertenecían a diferentes quintiles de nivel sociocultural<sup>9</sup> como puede apreciarse en la figura 3.

---

<sup>8</sup> En el recurso web que acompaña este informe puede visualizarse además la pareja de estudiantes que actuó en cada uno de los grupos.

<sup>9</sup> Datos proporcionados por ANEP, indicador 2010. Dado que las escuelas elegidas para el estudio debían de cumplir con ciertas características como disponer de Maestra de Apoyo Ceibal, Fibra Óptica y estar dentro del programa Piloto de Tablets, no fue posible incorporar Escuelas que Quintil 2 en el estudio.



**Figura 3:** Localización de las 10 escuelas elegidas para el estudio. El color de cada círculo indica el quintil al que pertenece dicha escuela. El número en el interior de los círculos indica la cantidad de alumnos de primer año que dispone.<sup>10</sup>

### 3ª FASE (15-Setiembre - 1 de Diciembre): INTERVENCIÓN

El objetivo central de esta fase fue el de poner en marcha la intervención. Para ello, fue necesario que previamente programáramos una serie de actividades que se pueden resumir en:

- Aplicación piloto en una escuela pública de Pando que no pertenecía al programa piloto de Tabletas. Esta aplicación piloto se realizó el día 26 de Setiembre en la escuela ubicada en el Empalme Olmos.
- Visitas a la dirección de cada escuela del coordinador de la intervención (Alvaro Adib) y alguno de los miembros de la pareja que iba a actuar en dicha escuela en las próximas 5 semanas. Las entrevistas buscaban explicar a la dirección de la escuela y/o algunas de las maestras implicadas los objetivos

<sup>10</sup> Nótese que en la figura sólo aparecen 9 círculos que representan a las 10 escuelas. Esto es así porque la escuela 25 y 26 están ubicadas en el mismo local físico aunque son escuelas diferentes.

del estudio con el fin de presentar y explicar el procedimiento que se seguiría durante las 5 semanas de intervención. Estas visitas fueron coordinadas directamente por el coordinador de la intervención a partir de los datos de contacto facilitados por el plan ceibal.

- Además de estas visitas, 4 días antes del comienzo de la intervención fue necesario volver a recorrer todas las escuelas para acceder a cada Tableta a fin de proceder a la instalación manual de la aplicación informática (app) que permitía que cada Tableta enviara su identificador (código IMAP) al servidor y el navegador Chrome versión 29, necesario para que las tareas en formato de juego corrieran adecuadamente. Para esta tarea de instalación masiva se contó con el apoyo de Ceibal que puso a disposición un equipo de profesionales que colaboró en esta tarea junto con el equipo de estudiantes de psicología e integrantes del proyecto Flor de Ceibo.

El día 10 de octubre comenzó la intervención. Se aplicaron los 3 juegos del día 1 que son los que se mencionan en la figura 4 y así sucesivamente hasta cumplir con la aplicación de los 10 días que duraba el programa completo. En el recurso web que acompaña a este informe, encontrarán pequeños videos de cada una de las tareas aplicadas ordenadas por el número de día de la intervención.

<p style="text-align: center;"><b>Día 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1- Cuestionario de ansiedad Matemática</li> <li>• 2- Evaluación Matemática</li> <li>• 3- Discriminación temporal</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Día 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4- Reconocimiento numérico</li> <li>• 5- Evaluación Matemática</li> <li>• 6- Span de dígitos</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Día 3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 7- Aritmética cronometrada</li> <li>• 8- Comparación de magnitudes simbólicas</li> <li>• 9- Juicio de orden</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Día 4</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10- Estimación de cantidades (PANAMATH)</li> <li>• 11- Búsqueda Visual</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Día 5</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 12- PANAMATH (Hysteresis)</li> <li>• 13- Evaluación de Matemática (JH)</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Día 6</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10- Estimación de cantidades (PANAMATH)</li> <li>• 14- Línea numérica</li> <li>• 15- Estimación de magnitudes (ANS)</li> <li>• 16- Producción de Magnitudes (ANS)</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Día 7</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 12- PANAMATH (Hysteresis)</li> <li>• 17- Peabody test</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Día 8</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 7- Aritmética cronometrada</li> <li>• 8- Comparación de magnitudes simbólicas</li> <li>• 9- Juicio de orden</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Día 9</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4- Reconocimiento numérico</li> <li>• 5- Evaluación Matemática</li> <li>• 6- Span de dígitos</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Día 10</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1- Cuestionario de ansiedad Matemática</li> <li>• 2- Evaluación Matemática</li> <li>• 3- Discriminación temporal</li> </ul>

**Figura 4.** Tareas-juego por día y orden de aplicación.

Dado que las tareas en formato juego disponen de instrucciones habladas o sonidos asociados, se adquirieron también 200 auriculares que los aplicadores llevaban consigo para entregar a los niños en el momento de iniciar la aplicación en cada clase<sup>11</sup>. Al finalizar la intervención, cada escuela recibió un set de 20 auriculares que se acordó con las maestras participantes del estudio que quedarían en la dirección de cada escuela a fin de que

<sup>11</sup> Cada pareja de aplicadores llevaba consigo una bolsa de materiales que incluía material didáctico para facilitar la explicación de los juegos, cargadores de repuesto y unos 50 auriculares para poder abastecer incluso a dos grupos en simultáneo, en caso de ser necesario.

cualquiera de las clases participantes del estudio pudiera utilizarlos en actividades que así lo requirieran.

La intervención comenzó el 10 de octubre y se desarrolló sin mayores inconvenientes durante las 10 sesiones previstas hasta el 19 de noviembre siguiendo el esquema de aplicación de tareas-juego que se muestra en la figura 3. A continuación se presenta una pequeña descripción de cada una de las tareas-juego utilizadas en cada uno de los días de la intervención<sup>12</sup>:

1. Cuestionario ansiedad ante las matemáticas: Escala de ansiedad frente a las matemáticas adaptada especialmente para niños de 6 años. Éstos deben responder a enunciados sencillos del tipo "me duele la panza cuando trabajamos con números" o "me gustan los números y los ejercicios de matemáticas" presionando una de las siguientes opciones: siempre, a veces, nunca.
2. Prueba de evaluación de competencias matemáticas (parte 1): Esta parte de la prueba se compone de 4 ejercicios diferentes: composición, descomposición numérica, sistema decimal y ubicación en la banda numérica. En el primer ejercicio a los niños se les presentan cartas de distintos valores (1, 5, 10, 20, 50 y 100) con las cuales deben formar el puntaje logrado por los personajes de la evaluación. A través de este ejercicio se busca evaluar las estrategias empleadas para componer el valor dado. El segundo ejercicio está relacionado con el primero pero, en esta oportunidad, se le muestra a los niños las cartas que tienen los personajes de la evaluación y se les solicita que compongan el total de puntos logrados por cada personaje. El objetivo es evaluar el conocimiento de la composición numérica a través de otros números. El tercer ejercicio tiene como objetivo evaluar la comprensión del Sistema Numérico decimal, es decir, reconocer el número 10 como clave en nuestro sistema numérico. Los niños deben formar el número dado a partir de un conjunto de cartas cuyo valor es 10 (la cantidad de cartas de valor 10 de las que disponen es siempre mayor al necesario). En el último ejercicio de esta parte, se presentan "trozos" de la secuencia numérica y los niños deben completarla con los dígitos dados.
3. Discriminación Temporal: En este juego, dos personajes (monstruos) hacen una serie de sonidos diferentes. En cada ensayo, los niños deben señalar cuál de los personajes emitió el sonido de mayor duración. Luego de su respuesta, el niño recibe información sobre su desempeño (con *feedback*).
4. Reconocimiento numérico<sup>13</sup>: En esta tarea los niños escuchan distintos números (de uno y dos dígitos) a través de los auriculares y, a partir de este estímulo, deben escribir el número seleccionando dígitos en una botonera que aparece en la pantalla de la Tableta.
5. Prueba de evaluación de competencias matemáticas (parte 2): Esta segunda parte de la prueba se compone también de 4 ejercicios diferentes: conteo de ítems, ordenamiento inverso, banda numérica sin marcas y resolución de problemas matemáticos simples. En el

<sup>12</sup> De todas maneras, se sugiere al lector visualizar directamente cada una de las tareas en los videos cargados en el recurso web que acompaña este informe.

<sup>13</sup> Refiere a la competencia de transcodificación numérica.

primer ejercicio se presenta un personaje con una cantidad determinada de fichas. Los niños deben señalar el casillero correcto en un tablero de acuerdo a la cantidad de fichas contadas. Involucra dos tareas: conteo y cardinalización de un grupo de objetos. En el segundo ejercicio el niño debe ordenar los números del 1 al 10 en forma descendente. El objetivo es evaluar el conocimiento de la secuencia numérica inversa. En el tercer ejercicio los niños tienen que ubicar ciertos números en la banda numérica sin marcas. El objetivo es evaluar el conocimiento de la secuencia numérica como línea numérica mental (Ginsburg y Baroody, 2003). El cuarto ejercicio propone contextos para los algoritmos de sumas y restas a través del planteo de situaciones problema que requieren de sumas o restas para su resolución pero con distinto sentido.

6. Span de dígitos: Se presenta una cantidad de dígitos creciente—entre uno y seis dígitos—de forma visual únicamente. Luego de una breve pausa, los números desaparecen de la pantalla y el niño tiene que reproducir la secuencia numérica mediante un teclado en la Tableta.
7. Aritmética cronometrada: Se presentan operaciones aritméticas simples (por ej.,  $6-2$  o  $7+8$ ). Los niños deben responder componiendo una respuesta mediante el uso de un teclado numérico que aparece en la pantalla de la Tableta. Los participantes reciben información de su desempeño en forma de tonos diferentes frente a las respuestas correctas e incorrectas.
8. Comparación de magnitudes simbólicas: Se presentan pares de números arábigos (conformados por números de uno o dos dígitos) a cada lado de la pantalla. La tarea del niño consiste en presionar el lado de la pantalla en que se encuentra el número mayor.
9. Juicio de orden: Se presentan en pantalla series de tres números de un dígito. Los niños deben indicar si los números están ordenados de forma ascendente o no tocando sobre una flecha verde ascendente o una cruz roja, respectivamente. Los niños reciben información sobre su desempeño en cada ensayo a través de una señal sonora.
10. Estimación de cantidades (PANAMATH): Se presentan dos conjuntos de puntos de diferente color en forma simultánea. Los conjuntos se presentan brevemente de forma de no permitir que los niños cuenten el número de ítems. El tamaño y distribución de los puntos varía de forma de minimizar el impacto de las propiedades continuas de los puntos en la discriminación (área total, luminancia, densidad, etc.). Los niños deben seleccionar cuál de los conjuntos tiene mayor cantidad de puntos. En los primeros ensayos de prueba, los niños reciben una indicación de su desempeño.
11. Búsqueda visual: Grupos de entre dos y seis personajes de Plaza Sésamo aparecen en la pantalla en cada ensayo. Los personajes aparecen en forma parpadeante y en cada parpadeo solamente uno de esos personajes es transformado en otro personaje. La tarea del niño consiste en identificar el personaje que es transformado por el hada Abby Cadabby y para ello debe presionar sobre el personaje que está cambiando.
12. PANAMATH (Hysteresis): Visualmente, esta tarea es idéntica a la tarea de discriminación de cantidades (tarea 10). Sin embargo, en esta tarea los niños fueron asignados aleatoriamente a una de dos condiciones. En la primera condición (*easy to hard*) los primeros ensayos eran relativamente sencillos y a medida que la tarea progresaba los ensayos eran cada vez más difíciles (el ratio entre el número de ítems de los conjuntos iba disminuyendo). En la segunda condición (*hard to easy*), se presentaban en primer lugar los ensayos más difíciles y a medida que progresaba la tarea, éstos iban haciéndose cada vez más fáciles. En las dos condiciones, los niños recibían información acerca de su desempeño.

13. Evaluación de matemática (John Hopkins): La primera parte consiste en la identificación de dígitos presentados como estímulos auditivos. Se presentan en forma auditiva diferentes números y los niños tienen que seleccionar el panel (entre cuatro opciones) que contiene al número correcto. En la segunda parte de esta tarea, los niños deben identificar el número que se les dice pero a partir de la suma de diferentes dígitos. Los niños tienen que seleccionar uno de cuatro paneles donde se presentan diferentes conjuntos de números de forma que la suma de todos los números del panel coincida con el número presentado oralmente. En cada panel se presentan distintas combinaciones de los números 1, 2, 5, 10 y 30. En los distintos ensayos, los niños tienen que sumar mentalmente desde dos hasta cinco números. El niño no recibe información sobre su desempeño en los diferentes ensayos.
14. Línea numérica<sup>14</sup>: Se presenta en la pantalla de la Tableta una línea marcada con los números 0 y 100 (en ambos extremos). Se presenta al niño diferentes números de uno o dos dígitos. El niño debe tocar sobre la línea, estimando la posición que dicho número ocupa en la línea numérica. Los niños no reciben indicación sobre su desempeño en esta tarea.
15. Estimación de magnitudes (ANS): Se presenta un conjunto de puntos negros relativamente pequeño (menos de 20). Los niños deben estimar la cantidad de puntos componiendo la cantidad a partir de un teclado numérico que se presenta en pantalla. Los puntos negros se presentan brevemente de forma que los niños no puedan contar los ítems presentados. Los niños reciben información sobre su desempeño a través de señales sonoras que identifican las respuestas correctas (que caen en un rango cercano al número de ítems presentados) o incorrectas.
16. Producción de magnitudes (ANS): Se presentan en pantalla fuegos artificiales. Se pide a través de los auriculares a los niños que toquen "muy, muy rápido" (de forma que no puedan contar) un cierto número de veces estos fuegos artificiales. Si el número de golpes o toques es igual al número solicitado (o se encuentra en un rango cercano) los fuegos artificiales estallan y se escuchan aplausos y festejos. Si la respuesta no es correcta, ni aproximada, los fuegos artificiales no estallan. Si el golpeteo es lento (indicando que el niño podría estar contando) aparece en pantalla un cartel de "más rápido" y se anula ese ensayo.
17. Peabody test: Esta prueba consiste en una adaptación del conocido Test de Vocabulario en Imágenes Peabody (PPVT) (Dunn, Dunn y Arribas; 2006). En cada ensayo, se presentan simultáneamente 4 imágenes y una palabra por vía auditiva. Los niños tienen que seleccionar la imagen que mejor representa a la palabra que escucharon. Los niños no reciben información acerca de su desempeño.

Durante las 5 semanas que duró la intervención se trabajó en dos equipos bien diferenciados: Por un lado, el equipo de aplicadores coordinados por el Lic. Alvaro Adib que preparó y entrenó a los 8 estudiantes que tenían a su cargo la aplicación y, por otro lado, el equipo de investigadores que se encargaba de la coordinación de diferentes aspectos logísticos inherentes a una intervención de este tipo, como asegurar el registro y respaldo

---

<sup>14</sup> Refiere a "Banda numérica sin divisiones" (Carla Damisa, comunicación personal 2014).

de los datos que iban llegando al servidor en ráfagas o solventar problemas técnicos de conectividad en las escuelas, entre otras.

Es importante mencionar que en la gran mayoría de las escuelas el programa fue bien recibido tanto por las maestras como por las autoridades de las escuelas que mostraron en todo momento una actitud muy colaborativa. Esta actitud positiva fue aumentando durante el tiempo que duró la intervención llegando, en algunos casos, a constituirse una muy estrecha relación de colaboración con algunas docentes que se mostraron muy interesadas en el programa y sus fundamentos.

#### **4ª FASE (2-Diciembre - 30-Abril 2014): ANÁLISIS de los DATOS.**

Esta fase del proyecto estuvo marcada por el cierre de la intervención con las escuelas que incluyó también una visita a cada una de ellas a modo de devolución y luego el análisis de los datos recogidos. Las instancias de devolución con las escuelas se realizaron todas del 16 al 20 de Diciembre y a cada una de ellas asistió uno de los investigadores del equipo, por lo general acompañado de los aplicadores de esa escuela en particular. A estas reuniones se invitó a participar a la dirección y a todas las maestras de la institución interesadas en conocer los resultados de la investigación (aclarando en todo momento que se trataba de un análisis absolutamente preliminar). La disposición mostrada por las maestras a este tipo de instancias fue una grata sorpresa para el equipo de investigadores, asistiendo -en algunos casos- hasta 12 personas de la institución a las reuniones.

Durante los meses posteriores al cierre de la intervención (enero-abril), el equipo trabajó en el análisis de los datos y en la preparación de diferentes comunicaciones a foros científicos del área como la propia Escuela de Educación, Ciencia Cognitiva y Neurociencias que organizamos en Maldonado y donde se presentaron los primeros resultados de esta investigación.

La cantidad de datos recogida determina que los análisis de datos y las consiguientes interpretaciones de ellos deban de ser realizados necesariamente en capas, no sólo por el tamaño elevado de la muestra sino también por la diversidad de variables que se registran en cada una de las tareas/juegos aplicados. En este sentido, hemos optado por la construcción del recurso web a fin de poder ir agregando capas al análisis primario de

resultados que aquí se presenta. Entendemos que el análisis de resultados es una tarea que no se agota en este informe y debe continuar a fin de explotar preguntas que surgirán de la discusión y reflexión en torno a los análisis ya realizados.

## 4. RESULTADOS

---

En este apartado se encontrarán los resultados que se relacionan directamente con los objetivos planteados para la investigación. En este sentido, sólo se presentan aquí los resultados principales de la investigación que apuntan a vislumbrar la potencialidad de este tipo de intervenciones. Entendemos esta investigación como una prueba piloto del instrumento y del diseño llevado adelante y, por tal motivo, restringimos la presentación de los resultados a los aspectos más globales, dejando para un estudio posterior un análisis en profundidad que aborde preguntas específicas sobre el aprendizaje de la matemática. Asimismo, es importante mencionar que el número de observaciones que se utilizan para el análisis de resultados que aquí comienza es muy inferior al originalmente esperado por nosotros. Esto se debe a que, si bien consideramos que el instrumento desarrollado para medir el desempeño matemático es de gran valor, su programación debe ser reorientada hacia un modelo de aplicación local con envío de datos a posteriori para así evitar la volatilidad en la captura de datos masivos que implica la utilización de una aplicación web en línea. Este y otros aprendizajes similares conforman también un resultado importante de este proceso de investigación que fue a todas luces una primera aproximación a la investigación a gran escala a través de las tabletas del plan ceibal (para más detalle sobre este aspecto, véase el apartado 5.1).

### 4.1 Sobre el desempeño en matemática

---

La construcción de una prueba específica para la evaluación de las competencias matemáticas en niños de primer año escolar constituyó uno de los emprendimientos adicionales que conllevó este proyecto. La inexistencia en el medio local de pruebas de evaluación para niños de primer año escolar de matemática digitalizadas y, por tanto, con posibilidades de ser aplicadas grupalmente hacía imposible realizar una buena medida de

los resultados de la intervención sin pasar previamente por el diseño y puesta en marcha de una prueba de evaluación matemática que cumpliera con estas características. El diseño y puesta en marcha de una prueba de evaluación de matemática digitalizada y específicamente diseñada para niños de 6 años se convirtió por tanto en uno de los objetivos centrales de este proyecto (objetivo 3 en sección objetivos) que esperamos sea el puntapié inicial para la incursión de nuestro grupo en la temática de la evaluación de los contenidos curriculares de primer y segundo año escolar<sup>15</sup>.

El diseño y la posterior implementación de la prueba para las Tabletas implicó todo un desafío académico y técnico complejo. Sin embargo, las diferentes pruebas realizadas (tanto por nuestro equipo como por equipos de investigación extranjeros) muestran que la prueba se comporta como un instrumento fiable que determina con buen grado de precisión las diferentes áreas que incluyen la evaluación de competencias matemática a los 6 años.

Con el objetivo de analizar los resultados arrojados por la prueba de evaluación diseñada se realizó un análisis de componentes principales con rotación oblimin, encontrándose 3 factores que se replican tanto en el PRE como en el POST test. El conjunto de los factores explican el 66% y 71% de la varianza respectivamente. Según la carga de cada ítem en cada uno de los 3 factores, identificamos éstos 3 factores principales como:

- **Línea numérica (Factor 2. 26% varianza)**

Dentro de este factor, los ítems que muestran mayor peso son los 10 ítems correspondientes al ejercicio 6 (en el protocolo de intervención estos ejercicios corresponden a la parte 2 de la prueba de evaluación de competencias matemáticas parte 2: punto 5 de la Pág. 19 de este informe). En este ejercicio el niño debe ordenar en forma descendente 10 números (de 10 a 1) que se le muestran en pantalla en forma desordenada.

---

<sup>15</sup> Es necesario aclarar que el estado uruguayo dispone de un sistema informatizado de evaluación de contenidos (SEA: sistema de evaluación de aprendizajes) pero sólo opera a partir de tercer año escolar y, en ese sentido, no se dispone aún de una prueba estandarizada (ni tampoco de un banco de ítems adecuados) para el nivel de primer año. Por otro lado, en una investigación como esta resulta imposible utilizar los instrumentos estandarizados internacionalmente para la evaluación de capacidad matemática como el TEMA3 por no disponer de los baremos y por ser tests que fueron diseñados para la aplicación individual (en el caso del TEMA3, la evaluación promedio de cada niño toma unos 45 minutos).

Para que el niño pueda realizar el conteo regresivo en forma correcta es necesario que haya consolidado la línea numérica mental. La línea numérica mental es una representación mental de los números en forma ordenada de izquierda a derecha. Alrededor de los 6 años se espera que los niños hayan interiorizado una línea numérica mental que les permita integrar sus conocimientos acerca de cantidades con la habilidad de conteo (Siegles & Booth, 2004). Esto le permite avanzar en conocimientos y estimaciones así como comprender la regularidad de la numeración. Sabemos que los niños con una buena conciencia numérica logran desarrollar la línea numérica mental permitiendo el ingreso a ésta de cada vez más cantidades. A partir de este desarrollo se facilita la resolución de operaciones y de problemas matemáticos simples (Griffin, Case y Siegler, 1994).

- **Semántica del número (Factor 1. 24% varianza)**

La semántica del número es un sistema amodal, abstracto, donde se le asigna significado (cuantitativo, aritmético) a las representaciones numéricas. (Dansilio, S. 2008). En este factor los mayores pesos registrados corresponden a los ítems de los ejercicios: 1, 2 y 3. Los tres ejercicios indagan el uso de representaciones semánticas intermediarias buscando la capacidad de concebir y de codificar un número de diversas maneras.

El ejercicio 1 evalúa la habilidad del niño de descomponer un número, el puntaje obtenido depende directamente del acierto en sus respuestas, independientemente de las estrategias empleadas. No obstante, está previsto que este ejercicio brinde la posibilidad al maestro de conocer las estrategias empleadas para componer el número ya que la prueba registra todos los movimientos realizados por el niño para efectuar la descomposición numérica.

En el ejercicio 2 el niño debe componer un número a partir de las cartas dadas. Para dar su respuesta tiene que elegir una opción de entre tres posibles que le presenta el ejercicio. Las opciones fueron propuestas de tal forma que contemplan los posibles errores que los niños pueden cometer según su etapa de desarrollo conceptual en relación al sentido del número.

El ejercicio 3 involucra el conocimiento del sistema decimal (en base 10) de la numeración. El niño debe arrastrar tantas cartas valor 10 como sean necesarias para formar el número dado. Las cartas ofrecidas siempre superan en cantidad a las requeridas para resolver cada ítem del ejercicio.

- **Cadena numérica (Factor 3. 18% de la varianza)**

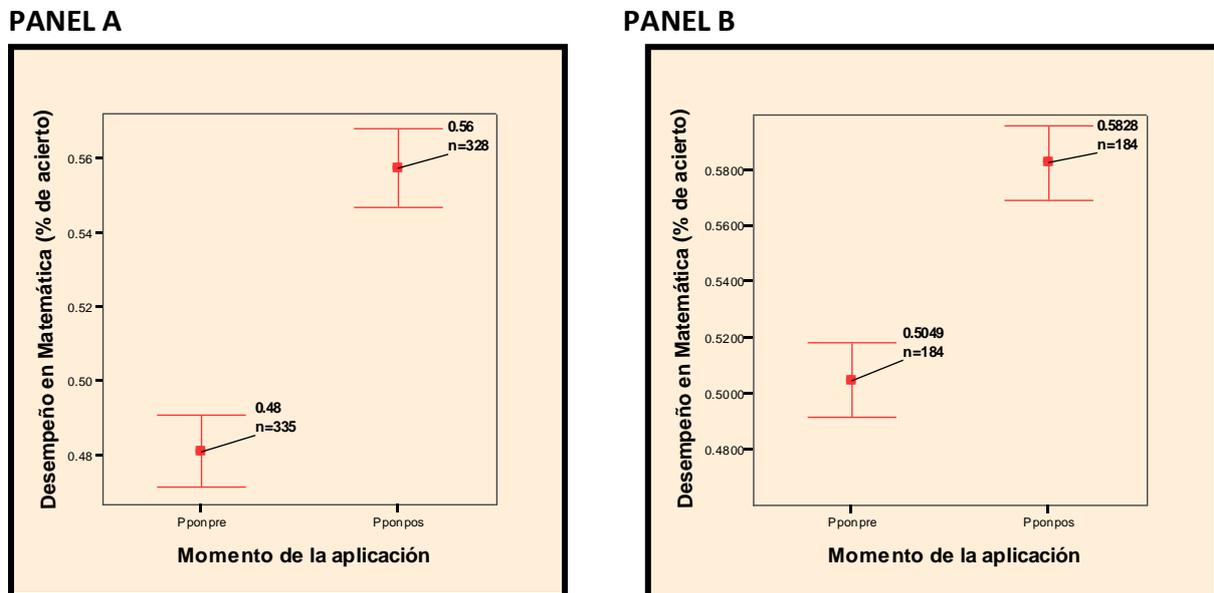
Los ítems que presentan mayor peso en este factor son los que corresponden al ejercicio 4. Este ejercicio enfrenta al niño con la situación de un tren en donde se han perdido algunos vagones (números en la cadena numérica). Se le plantea al niño que debe completar los vagones faltantes a partir del conocimiento de la cadena numérica.

A pesar de tratarse de un ejercicio “escrito” se encuentra muy influido por el conteo oral progresivo, es decir, por el recitado de la cadena numérica. Autores como Jordan, Glutting & Ramineni (2008) coinciden en señalar al conteo oral progresivo como un componente esencial de la conciencia numérica.

De manera general, las diferencias más importantes entre la aplicación PRE y POST aparecen concentradas en el factor 1 que muestra un avance del 11% aproximadamente a favor de la aplicación POST. Luego, aparecen mejorías de un 8% en el Factor 2 (línea numérica) y de un 6% en el Factor 3 (ver apéndice para mayor detalle sobre estas comparaciones). A partir de estos resultados, podemos decir que, en principio, nuestro programa de entrenamiento parece hacer mayor efecto sobre los aspectos vinculados a la semántica del número y en segundo lugar sobre aspectos relacionados a la construcción de la línea mental numérica.

De todas maneras, más allá de la descomposición en factores corresponde plantear una mirada global de los resultados en el desempeño en matemática. Para ello, comparamos el desempeño medio en la prueba de matemática medido antes (condición PRE) de iniciado el programa con el de después de realizado el programa de entrenamiento (condición POST). El desempeño en matemática se presenta como un porcentaje ya que refiere a la proporción de ítems contestados correctamente sobre el total de ítems que

planteaba la prueba. En la figura 5 puede observarse esta diferencia tanto para el caso de datos sin parear (panel A) como pareados (Panel B).



**Figura 5:** Resultados de la prueba de Matemática global antes y después del entrenamiento en estimación numérica. El panel A muestra los datos sin parear mientras que en el panel B se muestra el resultado para datos pareados, en donde cada niño está presente en ambas pruebas. (Ver texto para más detalle).

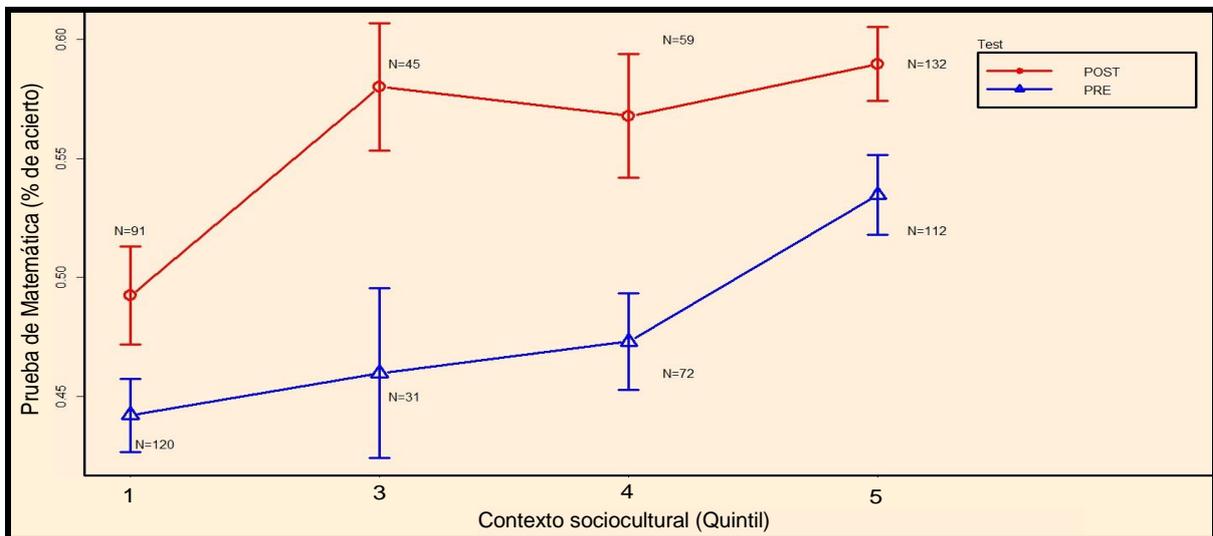
Resulta evidente que existe un mejor desempeño en matemática a posteriori de la aplicación del programa de entrenamiento<sup>16</sup>, aunque es necesario discriminar lo más posible el origen de estos 8 puntos porcentuales de mejoría media. Para ello, analizaremos los resultados obtenidos en función del contexto sociocultural de la escuela donde se aplicó la prueba ya que partimos de la idea de que la variable contexto sociocultural es una variable fuertemente moduladora del desempeño matemático en los escolares.

En la figura 6 podemos observar el desempeño en matemática en función del nivel sociocultural de las escuelas. La figura muestra claramente que todos los niños mejoraron durante el período de tiempo que duró nuestra intervención. Sin embargo, parece claro también que el aumento en el desempeño es mayor para el nivel medio y favorable que para los niveles muy desfavorable y muy favorable. De todas maneras, el incremento es significativo para todos los contextos socioculturales (ver apéndice pag. 19). Asimismo, en el apéndice se puede consultar la distribución de frecuencias de respuesta correcta (respuesta

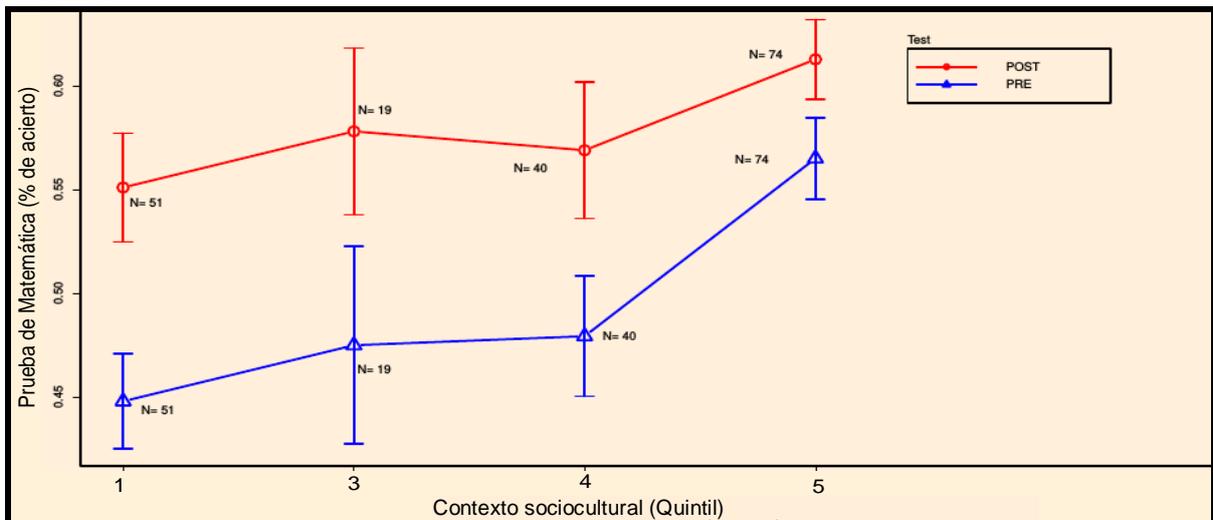
<sup>16</sup> Para un estudio detallado de la significación de esta diferencia, véase el apéndice (pag 15).

1) e incorrecta (0) para cada uno de los ítems de la prueba tanto en su aplicación pre como en la post.

**PANEL A**



**PANEL B**



**Figura 6:** Resultados de la prueba de Matemática según contexto sociocultural antes y después del entrenamiento en estimación numérica. El panel A muestra los datos sin parear mientras que en el panel B se muestra el resultado para datos pareados, en donde cada niño está presente en ambas pruebas. (ver texto para más detalle).

En la Tabla 1 se puede apreciar que 9 de 10 escuelas participantes presentan un crecimiento en el índice de desempeño matemático mientras que una de ellas se mantiene igual. A nivel de grupo, sólo 6 grupos de los 32 que participaron en el estudio presentan descensos mientras que 24 grupos presentan valores positivos en la diferencia post-pre del desempeño matemático. De todas maneras, no podemos considerar que los casos de

descenso refieran a un empeoramiento del desempeño en matemática sino que seguramente se explique por la diferente composición del grupo en el momento pre y en el post. Por esto, lo importante del análisis de grupo refiere a que la mayoría de los grupos mejoraron su desempeño en matemática a posteriori del programa de entrenamiento. En términos generales, podemos decir que el aumento promedio que presentan los grupos de clase es del orden del 12% lo que equivale a haber contestado de manera correcta 6 ítems más (de 48 totales) en la aplicación POST que en la PRE.

**Tabla 1:** Resumen de los resultados de evaluación matemática antes y después del programa de intervención (PRE y POST) por escuela y grupo de clase.

Escuela	Grupo de clase	Evaluación Matemática PRE	Evaluación Matemática POST	Diferencia: POST - PRE	
				por grupo de clase	por Escuela
		Media	Media		
Escuela 1	A	0.4264	0.4090	-0.02	0.07
	B	0.5087	0.6098	0.10	
	C	0.4553	0.5559	0.10	
	D	0.3182	0.4071	0.09	
Escuela 2	A	Na	0.6563	Na	0.12
	B	Na	0.5140	Na	
	C	0.4759	0.6378	0.16	
	D	0.4447	0.5129	0.07	
Escuela 3	A	0.5005	0.5626	0.06	0.07
	B	0.4733	0.5455	0.07	
Escuela 4	A (contiene 2 grupos)	0.4962	0.5414	0.05	0.09
	B (contiene 2 grupos)	0.5512	0.6161	0.06	
	C	0.4022	0.5554	0.15	
Escuela 5	A	0.4143	0.5124	0.10	0.00
	B	0.3800	0.4724	0.09	
	C	0.5409	0.3306	-0.21	
	D	0.5549	0.4924	-0.06	
	E	0.4668	0.4953	0.03	
	F	0.5108	0.5492	0.04	
Escuela 6	A	0.4180	0.6055	0.19	0.12
	B	0.4803	0.5115	0.03	
	C	0.4790	0.6298	0.15	
Escuela 7	A	0.3011	0.4857	0.18	0.05
	B	0.4102	0.3050	-0.11	
	C	0.4949	0.5660	0.07	
Escuela 8	A	0.5890	0.6399	0.05	0.03
	B	0.5756	0.6349	0.06	
	C	0.5683	0.5603	-0.01	
Escuela 9	A	0.6128	0.5569	-0.06	0.02
	B	0.4905	0.5799	0.09	

#### 4.2 Sobre la discriminación temporal

---

En el siglo pasado, los psicólogos cognitivos postulaban que la duración no era una dimensión primaria sino que se derivaba, mediante razonamiento lógico, desde otras categorías. En ese sentido, Piaget (1946/1973) afirmaba que la noción de tiempo se construye a partir de la experiencia con la velocidad; mientras que Paul Fraisse (1967) estimaba que dependía de otros factores cognitivos. Actualmente, la investigación en este campo ha aportado suficiente evidencia empírica para probar que los niños son capaces de procesar la duración de un estímulo *per se* (Brannon, Rusell, Meck & Woldorff 2004; Clement & Droit-Volet, 2006) aunque también es claro que los niños presentan una sensibilidad menor a la discriminación de la duración que los adultos. Sin embargo, hasta el momento no existe ninguna hipótesis clara sobre las razones de estas diferencias en la sensibilidad entre niños y adultos (Droit-Volet, Clement & Fayol, 2008; Droit-Volet, Delgado, & Rattat, 2006). Esta falta de explicaciones evidencia el escaso conocimiento que aún hoy tenemos sobre los mecanismos implicados en el surgimiento de la capacidad para estimar la duración en los niños y cómo es que dicha capacidad se relaciona con la adquisición de la noción de número.

La teoría de la magnitud (AToM) postula que los sistemas para la medición de número, tiempo y espacio comparten una estructura cerebral y son parte de un mismo proceso o módulo mental que funciona en conjunto (Buetti & Walsh, 2009; Walsh, 2003). Sin embargo, los datos que disponemos en relación al procesamiento de estas 3 dimensiones en adultos no siempre resultan coherentes con la teoría propuesta por Walsh en 2003. Específicamente la relación entre tiempo y número no parece seguir siempre el mismo sentido que las otras relaciones (espacio y tiempo y espacio y número). Algunos estudios (Droit-Volet, Clement y Fayol, 2008; Dormal, Seron y Presenti, 2006) muestran que la duración no parece interferir en tareas de discriminación numérica dejando así en entredicho la base del procesamiento compartido para estas dos dimensiones. En definitiva, si bien es claro para la mayoría de los investigadores del campo que existe una estrecha relación entre estos constructos, la naturaleza de dicha relación sigue generando hoy

fuertes controversias (Bueti & Walsh, 2009; Hubbard, Piazza, Pinel, & Dehaene, 2005; Oliveri et al., 2008; Javadi & Aichelburg, 2012).

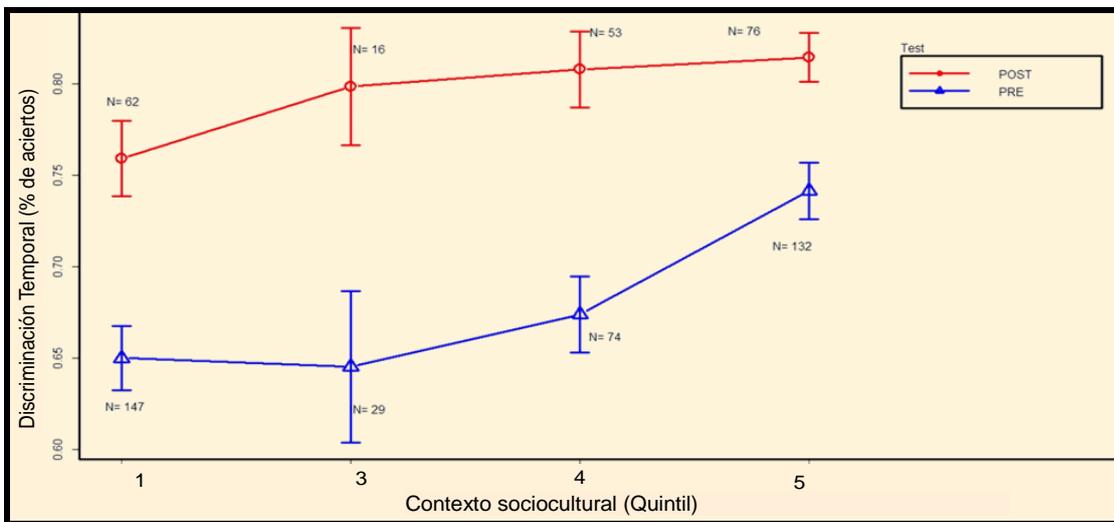
Inspirados en estas controversias es que desarrollamos la tarea 3 de discriminación temporal que le plantea al niño que identifique el sonido que dura más. La mayor parte de la literatura científica coincide en que la capacidad de discriminación temporal es un buen indicador del desarrollo del sistema de magnitudes y, por tanto, debería correlacionar con competencia matemática, al menos en las etapas tempranas del acceso a la matemática simbólica. Incluso, existen autores (Kramer, Bressan y Grassi, 2011) que muestran que se puede predecir lo que denominan como inteligencia matemática a partir de una tarea de estimación temporal.

La figura 7 muestra los resultados obtenidos en nuestra tarea de discriminación temporal (tarea 3 de la figura 4) expresados como porcentaje de aciertos en función del nivel sociocultural de las escuelas antes y después de la intervención. Análogamente a lo ya presentado para los resultados sobre desempeño matemático, se muestra en el panel A la media del desempeño en la tarea de discriminación temporal de todos los niños que realizaron cualquiera de las dos pruebas (sólo la aplicación pre, sólo la aplicación post y los que realizaron ambas aplicaciones) mientras que, en el panel B se presentan los datos pareados. Obsérvese como ambas curvas siguen la misma tendencia que las curvas de la figura 6 sobre el desempeño en matemática en función del contexto sociocultural. En este sentido, es claro que -en nuestros datos así como en buena parte de la literatura sobre cómputo de magnitudes en el cerebro (Walsh, 2003)- la discriminación temporal correlaciona con la habilidad matemática. A partir de esta fuerte correlación surge la posibilidad de utilizar la discriminación temporal para predecir el desempeño matemático de los niños. Esta es una línea de trabajo futuro que esperamos poder abordar específicamente en nuevas investigaciones<sup>17</sup>.

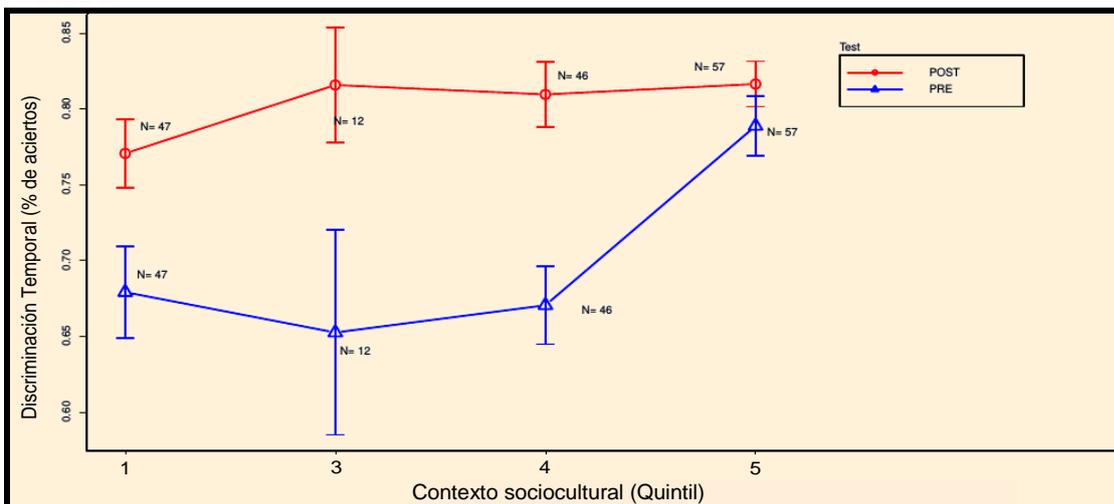
---

<sup>17</sup> No se muestran aquí los datos de correlación dado que esto abriría toda una línea de análisis que no pretendemos abordar en este informe. Sin embargo, esperamos que nuevas investigaciones nos den soporte empírico para incorporar la variable temporalidad en las posibles actividades que apunten a fortalecer las capacidades cognitivas para la matemática.

**PANEL A**



**PANEL B**



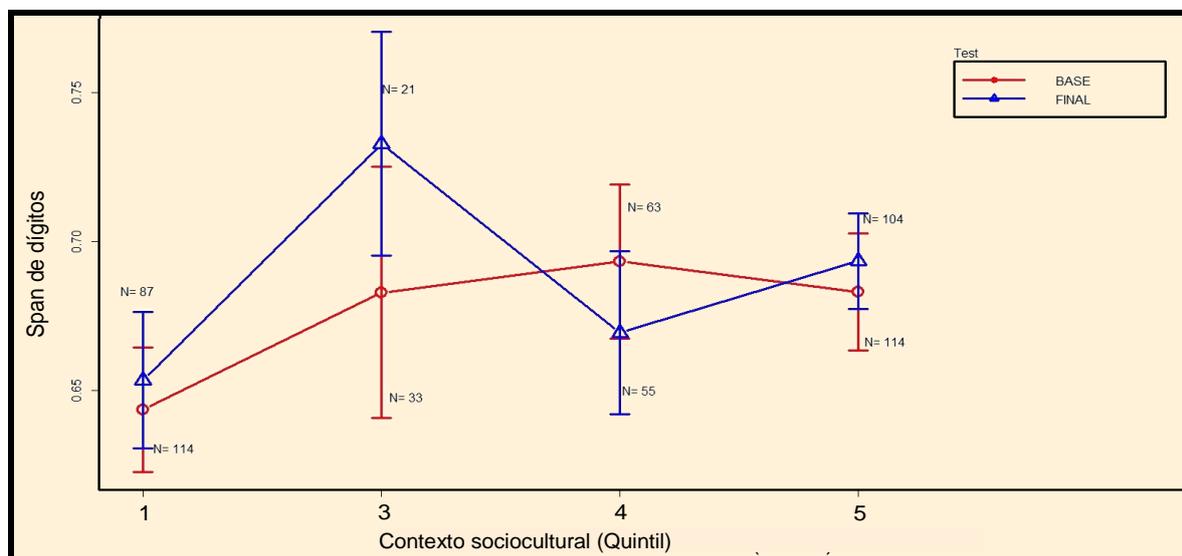
**Figura 7:** Comparación pre-post de la capacidad de determinar cuál de dos intervalos de tiempo tiene mayor duración. El incremento de la discriminación temporal sigue el mismo patrón que el incremento en el desempeño en la prueba de matemática (ver figura 6).

**4.3 Sobre la capacidad de memoria a corto plazo**

En las secciones anteriores se muestran incrementos significativos en aquellas variables más directamente relacionadas con las magnitudes o el sentido numérico. Sin embargo, cabe la posibilidad de que nuestro programa de entrenamiento no sea específico de las habilidades matemáticas y, por tanto, tenga un efecto positivo en las capacidades cognitivas generales. A fin de evaluar esta posibilidad es que en el día 2 y, análogamente, en el día 9 se aplicó una tarea-juego de evaluación de la memoria a corto plazo. La tarea está

basada en las pruebas clásicas de medición de la memoria a corto plazo como es el caso del subtest *span de dígitos* de la Escala Weschler de inteligencia para niños (Anaya, 2002).

Nuestra hipótesis no anticipaba cambios en la evaluación de la memoria a corto plazo de los niños a partir del programa de entrenamiento aplicado. La figura 8 muestra que no encontramos diferencias significativas en la tarea de *span de dígitos* en función del nivel sociocultural de las escuelas lo que nos permite sugerir que, los efectos del programa de entrenamiento aplicado durante los días 4 a 7 estarían actuando directamente sobre el sistema de magnitudes de los niños y, por consiguiente, sobre sus habilidades para la matemática formal.



**Figura 8:** Comparación pre-post de la memoria a corto plazo medida mediante una prueba de span de dígitos en función del nivel socio-económico de las escuelas.

#### 4.4 Sobre los controles

El mejor desempeño observado, tanto en matemática formal como en discriminación temporal (sistema de magnitudes) puede relacionarse con el programa de entrenamiento aplicado. Sin embargo, es importante tener en cuenta que dicha mejoría también podría explicarse a partir de el propio devenir del aprendizaje ligado a las tareas escolares (efecto escuela).

Con el objetivo de poder aislar cada uno de estos efectos se incluyó en el diseño original un grupo control al cual se aplicarían las pruebas de evaluación pero no el programa

de entrenamiento. El grupo control se configuró a partir de 3 grupos de clase de primer año de 3 escuelas diferentes que no participaban del programa piloto de tabletas y que pertenecían a diferentes contextos socioculturales. Las pruebas de evaluación sobre estos grupos se aplicaron aproximadamente durante el mismo período en que se aplicaron en el grupo experimental, pero –a diferencia de lo que hicimos en el grupo experimental- no se intervino ni se visitó a las escuelas durante las 3 semanas que duró el programa de entrenamiento en el grupo experimental<sup>18</sup>. La idea era comparar el avance de estos grupos sin programa de entrenamiento con el avance mostrado por los grupos con intervención y así discriminar el origen de los efectos de mejoría detectados en el grupo experimental.

Sin embargo, un primer análisis de los datos provenientes del grupo control mostró claramente un sobre-entrenamiento en algunas de las tareas de la evaluación que resultaba sorprendente. Al comentar este resultado a las maestras de dichos grupos se mostraron satisfechas ya que, según sus propias palabras, “efectivamente habían logrado enseñarles cómo se debían realizar específicamente los ejercicios de nuestra prueba”. Nos plantearon claramente que, a partir de la primera aplicación de la evaluación y sabiendo que volveríamos en pocas semanas a evaluarlos, habían dedicado prácticamente las 3 semanas de nuestra ausencia a trabajar específica y exclusivamente sobre los ejercicios de nuestra prueba de evaluación. Para ellas había sido un logro y se mostraron contentas por el buen nivel de desempeño en los niños, aunque esto para nosotros significaría la imposibilidad de contar con datos objetivos sobre un verdadero grupo control. Por tanto, los datos recabados en la evaluación PRE y POST del grupo control no resultan fiables para el objetivo de esta investigación y, por tanto, no los presentamos aquí. En este sentido, aparece aquí un nuevo aprendizaje para el grupo de investigación en cuanto a las precauciones que requieren este tipo de estudios.

---

<sup>18</sup> Obsérvese que el mejor grupo control hubiera sido a nuestro juicio aquel que también estuviera integrado en el programa tabletas (no había en ese momento otros grupos de 1º en la ciudad de Montevideo disponible para ello) y que, a su vez, realizarán un programa de entrenamiento similar en características y duración (3 semanas) pero diseñado para fortalecer otra capacidad cognitiva no relacionada con la Matemática, por ejemplo: lenguaje. Este tipo de diseño –que consideramos sería el más potente para asegurar la especificidad de los resultados- se encontraba muy por fuera de las posibilidades de este estudio piloto e inicial.

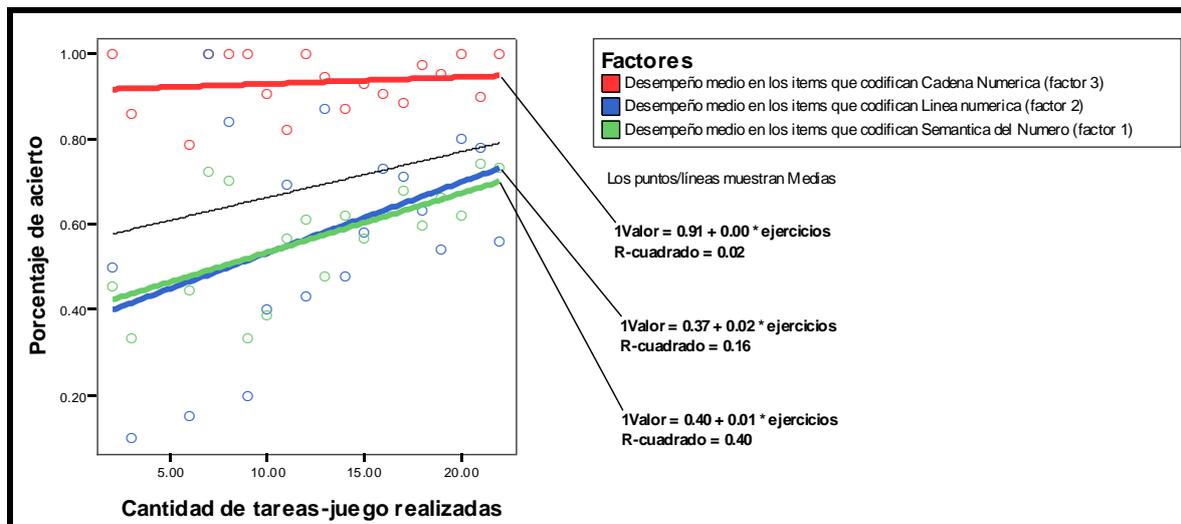
El no contar con un grupo control constituye claramente una limitación de nuestro estudio. No obstante, la propia casuística de una intervención a gran escala como la realizada permite analizar los datos en relación a la cantidad de sesiones de la intervención a la que cada niño efectivamente tuvo expuesto generando así una suerte de grupo control dentro del propio grupo experimental. Es decir, podemos estudiar el desempeño de los niños en función del grado de cumplimiento que tuvo cada uno durante el entrenamiento<sup>19</sup>.

A fin de construir la variable grado de cumplimiento del programa se consideraron todas las pruebas diferentes que se aplicaron (ver figura 4). La cantidad de pruebas realizadas por cada niño durante la intervención es un buen indicador del grado de participación del niño en el programa y, por tanto, puede mostrarnos si el hecho de haber realizado el programa de entrenamiento fue importante o no para la mejora del desempeño.

En la figura 9 se muestra la evolución media del desempeño en la prueba de matemática en función de la cantidad de tareas-juegos realizados durante la intervención. Optamos por mostrar esta evolución para cada uno de los Factores de la prueba ya que un primer análisis muestra que son los elementos ligados a la semántica del número (Factor 1) los que aparecen más influidos por el programa de entrenamiento mientras que los ítems ligados a la cadena numérica (factor 3) no muestran mayores variaciones en relación a la cantidad de tareas-juego realizadas. El Factor 2 (línea numérica mental), sin embargo, sí parece depender en parte del entrenamiento ( $r^2= 0.16$ ). Estos resultados, si bien son preliminares y no pueden bajo ningún concepto sustituir la potencia que le hubiera dado al diseño un grupo control propiamente, permiten sugerir que nuestro programa de entrenamiento en tareas de estimación parece tener un efecto interesante sobre el aprendizaje de los aspectos vinculados a la semántica del número y parcialmente sobre los aprendizajes referidos a la cadena numérica.

---

<sup>19</sup> Cabe aclarar que el grado de cumplimiento del programa es una variable que depende de las inasistencias naturales o de situaciones puntuales de cada niño a la hora de realizar un ejercicio del programa de entrenamiento específico.



**Figura 9:** Desempeño en la prueba de matemática POST para cada uno de los factores en función de la cantidad de tareas-juego realizadas. Cada punto representa la media del desempeño de los ítems correspondientes a cada Factor para cada nivel de entrenamiento.

## 5. PRIMERAS CONCLUSIONES

Los resultados globales de nuestro proyecto muestran que los niños que participaron de nuestro programa mejoraron su desempeño en las tareas vinculadas al manejo de magnitudes (número y tiempo). Al mismo tiempo, los resultados muestran que esta mejoría no aparece en otras actividades cognitivas generales como la memoria a corto plazo.

El incremento en el desempeño de las tareas vinculadas al número y al manejo del tiempo resulta significativo para todos los contextos socioculturales pero es mayor para los quintiles socioculturales intermedios lo que permite pensar que el programa resulta especialmente eficaz para aquellos niños de nivel intermedio pero no mejora notoriamente a aquellos niños que ya presentaban un desempeño alto en matemática ni tampoco a aquellos con desempeños muy empobrecidos. En relación a los aspectos vinculados al número, nuestros análisis muestran que el programa de entrenamiento desarrollado tiene efectos específicos sobre los elementos relativos a la semántica del número y los de línea mental numérica, no siendo específico para fortalecer aspectos vinculados a la cadena numérica que aparecen en buen nivel ya en el comienzo de la intervención, seguramente debido a la altura del año en que se realizó la intervención (setiembre-octubre).

En conclusión, reafirmamos nuestra hipótesis inicial en cuanto a que un entrenamiento corto pero intenso en las capacidades de estimación de los niños (ANS) en el primer año escolar puede influir positivamente en las habilidades matemáticas tanto medidas en relación a la matemática formal como en relación a otras magnitudes como la discriminación temporal. Al mismo tiempo, pensamos que este tipo de intervenciones masivas implementadas a través de dispositivos como la Tableta y teniendo como centro el juego pueden ser muy efectivas a la hora de fortalecer capacidades cognitivas específicas (como es el caso de este proyecto) y generales (como podrían ser las capacidades atencionales, por ejemplo).

### **5.1 ¿Qué sabemos ahora? ¿Qué hemos aprendido? ¿Hacia dónde ir?**

---

Sabemos ahora lo que implica una intervención a gran escala de estas características y estamos convencidos que vale la pena prepararse mejor para afrontar los desafíos que significa poder implementar nuevas intervenciones que no caigan en los errores de esta y que, al mismo tiempo, apunten a fortalecer otras capacidades además de la matemática. Somos conscientes de los errores de planificación por parte del equipo de investigadores como muestra por ejemplo la imposibilidad de utilizar los datos provenientes de las escuelas control. Sin embargo, cerramos este primer proyecto en intervenciones educativas con la convicción de que ha sido apenas un comienzo, una prueba piloto que nos permitió comprender mejor la dimensión del problema y retornar mejor preparados. Estamos convencidos que la incorporación de tecnología en el aula junto a la posibilidad de realizar intervenciones específicas como ésta puede acelerar fuertemente el proceso de transformación educativa que se viene desarrollando en Uruguay. La utilización de la tecnología para la evaluación sistemática en todos los niveles del sistema permite dotar al sistema de flexibilidad probando intervenciones y modelos pedagógicos nuevos, al mismo tiempo que se miden sus efectos. Desde este punto de vista, resulta natural incorporar la investigación a la práctica del aula ya que sólo probando y midiendo los resultados de nuevos modelos podremos mejorar sustancialmente y en corto plazo las capacidades cognitivas de nuestros niños.

## REFERENCIAS

---

- Aguilar, M., Navarro, J.I., Alcalde, C. y Marchena, E. (2005). El constructo "conciencia numérica". Su importancia en la detección y prevención de las dificultades de aprendizaje de las matemáticas. *Tavira: Revista de ciencias de la educación*, 21, 55-78
- Agrillo, Ch. (2012). "Evidence for Two Numerical Systems That Are Similar in Humans and Guppies". *PLoS ONE* 7 (2).
- Agrillo, C., Dadda, M., & Bisazza, A. (2007). Quantity discrimination in female mosquitofish. *Animal Cognition*, 10, 63-70.
- Anaya, D. (2002). *Diagnóstico en educación*. Madrid: Sanz y Torres
- Bar-Haim, Y., Ziv, T., Lamy, D. and Hodes, R. (2006) Nature and nurture in own-race face processing. *Psychol. Sci.*, 17: 159–163
- Bisazza, A., Piffer, L., Serena, G., & Agrillo, C. (2010). Ontogeny of numerical abilities in fish. *PloS One*, 5(11), e15516. doi:10.1371/journal.pone.0015516
- Brannon, E., Roussel, L., Meck, W. & Woldorff (2004). Timing in the baby brain. *Brain Research*, 21, 227–233
- Bueti, D & Walsh, V. (2009) The parietal cortex and the representation of time, space, number and other magnitudes. *Philosophical Transaction of the Royal Society-Biological*; 364, 1831-1840.
- Cantlon, J. F. (2012). Math, monkeys, and the developing brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109 Suppl , 10725–10732. doi:10.1073/pnas.1201893109
- Carey, S. (2009), "Where our number concepts come from", *Journal of Philosophy* 106 (4): 220–254.
- Casasanto, D., Fotakopoulou, O., & Boroditsky, L. (2010). Space and Time in the Child's Mind: Evidence for a Cross-Dimensional Asymmetry. *Cognitive Science*, 34(3), 387–405.
- Clement, A., & Droit-Volet, S. (2006). Counting in a temporal discrimination task in children and adults. *Behavioural Processes*, 71, 164–171.
- Cohen, J. (1967). *Psychological time in health and disease*. Springfield, IL: Charles C. Thomas.
- de Hevia, M. D., Izard, V., Coubart, A., Spelke, E. S., & Streri, A. (2014). Representations of space, time, and number in neonates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111 , 4809-4813.
- Dansilio, S. "Los trastornos del cálculo y el procesamiento numérico". En *Neuropsicología Hoy*. Prensa médica Latinoamericana. Montevideo. Uruguay. 2008.
- Dehaene S (1997) *The Number Sense: How the Mind Creates Mathematics* (Oxford Univ. Press, Oxford).

- Dehaene, S. Brannon, E.M. Editors (2011) *Space, Time, and Number in the Brain: searching for the foundations of mathematical thought*. Elsevier.
- Dormal V, Seron X, Pesenti M (2006) Numerosity-duration interference: a Stroop experiment. *Acta Psychol (Amst)* 121:109–124.
- Droit-Volet, S., Clément, A., & Fayol, M. (2008). Time, number and length: Similarities and differences in bisection behavior in children and adults. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 12, 1827-1846.
- Droit-Volet, S., Delgado, M., & Rattat, A.-C. (2006). The development of the ability to judge time in children. In J.R. Marrow (Ed.), *Focus on child psychology research* (pp 81-104). NY: Nova Science Publishers.
- Dunn, L.I.M; Dunn, L.M; & Arribas, D. (2006). *PPVT-III. Peabody. Test de vocabulario en imágenes*. Madrid: TEA Ediciones
- Feigenson L, Dehaene S, Spelke ES (2004) Core systems of number. *Trends Cogn Sci* 8(7):307–314.
- Feigenson L, Libertus ME, Halberda J (2013) Links between the intuitive sense of number and formal mathematics ability.
- Fraisse, P. (1967). *Psychologie du temps [Psychology of time]*. Paris: PUF.
- Gelman, R.; Gallistel, G. (1978), *The Child's Understanding of Number*, Cambridge Mass: Harvard University Press
- Gebuis T, Gevers W, and Cohen Kadosh R (2014). Topographic representation of high-level cognition: Numerosity or sensory processing? *Trends in Cognitive Sciences*, 18:1-3.
- Ginsburg HP, Baroody AJ (2003) *Test of Early Mathematics Ability (Pro-Ed, Austin, TX)*, 3rd Ed.
- Griffin, S., Case, R., & Siegler, R. (1994). Rightstart: Providing the central conceptual prerequisites for first formal learning of arithmetic to students at risk for school failure. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 24–49). Cambridge, MA: MIT Press.
- Halberda, J., Ly, R., Wilmer, J. B., Naiman, D. Q., & Germine, L. (2012). Number sense across lifespan as revealed by a massive Internet-based sample. *Proceedings of National Academy of Sciences USA*, 109(28).
- Halberda, J., Mazocco, M. & Feigenson, L. (2008). Individual differences in nonverbal number acuity predict maths achievement. *Nature*, 455, 665-668
- Hanus, D., & Call, J. (2007). Discrete quantity judgments in the great apes (*Pan paniscus*, *Pan troglodytes*, *Gorilla gorilla*, *Pongo pygmaeus*): the effect of presenting whole sets versus item-by-item. *Journal of Comparative Psychology*, 121(3), 241–249. doi:10.1037/0735-7036.121.3.241

- Hyde, D. C., Khanum, S., & Spelke, E. S. (2014). Brief non-symbolic, approximate number practice enhances subsequent exact symbolic arithmetic in children. *Cognition*, 131, 92-107
- Hubbard, Edward M.; Piazza, Manuela; Pinel, Philippe; Dehaene, Stanislas (June 2005). "Interactions between number and space in parietal cortex". *Nature Reviews Neuroscience* 6 (1-2): 435–448. doi:10.1038/nrn1684. PMID 15928716.
- Izard V, Dehaene-Lambertz G, Dehaene S (2008) Distinct cerebral pathways for object identity and number in human infants. *PLoS Biol* 6:e1
- Javadi AH, Aichelburg C (2012) When Time and Numerosity Interfere: The Longer the More, and the More the Longer. *PLoS ONE* 7(7): e41496
- Jones, S. M., Pearson, J., DeWind, N., Paulsen, D., Tenekedjieva, A. & Brannon, E.M. (2013). Lemurs and macaques show similar numerical sensitivity. *Animal Cognition*. DOI 10.1007/s10071-013-0682-3
- Jordan, N. C., Glutting, J., & Ramineni, C. (2008). A number sense assessment tool for identifying children at risk for mathematical difficulties. In A. Dowker (Ed.), *Mathematical difficulties: Psychology and intervention* (pp. 45-58). San Diego, CA: Academic Press.
- Kinzler, K. D., & Spelke, E. S. (2007). Core systems in human cognition. *Progress in Brain Research*, 164, 257-264
- Kramer P, Bressan P, Grassi M (2011) Time estimation predicts mathematical intelligence. *Plos One* Vol.6 Issue 12.
- Libertus, M.E., Feigenson, L. & Halberda, J. (2011). Preschool acuity of the approximate number system correlates with school math ability. *Developmental Science* 14:6 (2011), pp 1292–1300
- Merritt, D., Casasanto, D., Brannon, E.M. (2010). Do monkeys think in metaphors? Representations of space and time in monkeys and humans. *Cognition*. 117, 191-202.
- Meck WH, Church RM (1983) A mode control model of counting and timing processes. *J Exp Psycho Anim Behav Process* 9:320–334
- Nieder, A., & Dehaene, S. (2009). Representation of numbers in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, 32, 185–208.
- Oliveri M., et al. (2008). Perceiving numbers alters time perception. *Neurosci. Lett.* 438, 308–311
- Park, J. & Brannon, E. (2013). Training the Approximate Number System Improves Math Proficiency. *Psychological Science*.
- Piaget, J. (1927/1969). *The child's conception of time*. New York: Ballantine Books.
- Piaget, J. (1946/1973). *Le développement de la notion de temps chez l'enfant*. [The development of the notion of time in children]. Paris: PUF.

- Scarf, D., Hayne, H., & Colombo, M. (2011). Pigeons on par with primates in numerical competence. *Science*, 334, 1664
- Shepard, R.N. (2001) Perceptual-cognitive universals as reflections of the world. *Behav. Brain Sci.* 24, 581–601 discussion 652–571
- Skerry, A.E. & Spelke, E. S. (2014). Preverbal infants identify emotional reactions that are incongruent with goal outcomes. *Cognition*, 130, 204-216.
- Siegler, R. S. & Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development*, 75, 428- 444.
- Spelke, E.S. (1988). Where perceiving ends and thinking begins: The apprehension of objects in infancy. In A. Yonas (Ed.), *Perceptual development in infancy. Minnesota Symposium on Child Psychology (Vol. 20)*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, Assoc.
- Spelke, E.S. (2003). What makes us smart? Core knowledge and natural language. In D. Gentner and S. Goldin-Meadow (Eds.), *Language in Mind: Advances in the Investigation of Language and Thought*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Spelke, E.S. and Kinzler, K.D. (2007) Core knowledge. *Dev. Sci.* 10, 89–96
- Starr, A. Libertus, M.E., & Brannon, E.M. (2013). Number sense in infancy predicts mathematical abilities in childhood. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110 (45), 18116-18120, 10, 2013
- Tudusciuc O., Nieder A. (2007) Neuronal population coding of continuous and discrete quantity in the primate posterior parietal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 104: 14513-14518.
- Walsh, V. (2003). A theory of magnitude: common cortical metrics of time, space and quantity. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(11), 483–488.
- Wynn, K. (1992). Children's acquisition of number words and the counting system. *Cognitive Psychology*, 24, 220–251.
- Xu, F., & Spelke, E. S. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition*, 74, B1–B11.

## 6. APÉNDICE

---