

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**Estimulación a gran escala de procesos cognitivos en poblaciones infantiles de contextos vulnerables. Incorporando conocimiento neurocientífico para el desarrollo de contenido educativo en plataformas digitales.**

**Resumen**

Este proyecto se enmarcó en una línea de trabajo internacional que busca aplicar conocimiento proveniente de las neurociencias cognitivas y el manejo de grandes cantidades de datos con el fin de fortalecer las posibilidades educativas de niños provenientes de diferentes contextos sociales. Se trata de un entorno virtual que permite: 1) estimular aspectos esenciales del aprendizaje durante el desarrollo en la infancia y 2) evaluar su transferencia a contextos más amplios, con pertinencia para la vida cotidiana.

El proyecto incluye un *software* educativo libre y de código abierto formado por un conjunto de juegos para niños en edad escolar y preescolar que buscan estimular distintos aspectos esenciales del aprendizaje, ayudando a sentar las bases para un desarrollo cognitivo adecuado. Se trata de un entorno versátil que permite modificar de forma muy sencilla el diseño gráfico y la estructura de niveles, permitiendo ajustar su aplicación según la edad y el contexto, haciendo posible el armado de un programa de investigación cognitiva “a distancia”.

En esta propuesta buscamos generar un entorno agradable para que los niños quisieran jugar, incluyendo incentivos como premios, animaciones, sonido, gráfica adecuada y versátil. Adaptamos la plataforma para su uso masivo y experimental en ceibalitas, obtuvimos un dominio *.edu.uy* e hicimos difusión en medios y con comunidad educativa para llegar a más usuarios.

El foco de nuestro *software* no está puesto en las materias curriculares (Matemática, Lengua, etc.), sino en capacidades cognitivas que subyacen a todo el desarrollo del pensamiento: capacidad de concentración, de atención y de planificación, memoria de trabajo. El desarrollo de estas facultades podría verse afectado negativamente por vivir en un contexto de vulnerabilidad social, disminuyendo las oportunidades de un ejercicio escolar adecuado.

Intentando comenzar a responder cuál es la mejor manera de garantizar el entrenamiento cognitivo adecuado para cada niño, evaluamos cómo es afectada la estimulación por el tiempo que transcurre entre sesiones de entrenamiento (*Spacing*). Si bien los resultados aún son preliminares, encontramos que entrenamientos espaciados producen mayor transferencia que mucho entrenamiento seguido.

El consorcio de investigadores que participamos de este proyecto nos proponemos, en última instancia, aportar al remedio de estas dificultades iniciales, que luego se propagan a lo largo de todo el desarrollo escolar, y hacerlo de una manera lúdica y eficiente.

## **Introducción**

Durante el desarrollo, los niños van aprendiendo a controlar y regular sus emociones, procesos mentales y comportamientos. Las capacidades de pensar, evocar y recordar información, de resolver problemas y de involucrarse en otras actividades simbólicas complejas implicadas, por ejemplo, en el lenguaje oral, la lectoescritura, la matemática y el comportamiento social, son dependientes del desarrollo de la atención, la memoria y las funciones ejecutivas (FE) en general. Las dificultades en estos aspectos cognitivos pueden asociarse a alteraciones en el aprendizaje, en sus relaciones y en su posterior desarrollo (1). Las experiencias que tienen los niños durante los primeros años sientan bases fundamentales para el resto de su vida por lo que es necesario garantizar el acceso igualitario a estos “nutrientes cognitivos” tan importantes (2). Más aún, la falta de preparación académica y social ha sido asociada a una mayor probabilidad de obtener bajos niveles de desempeño escolar, a altos niveles de repetición durante los primeros años de escolaridad, a una mayor incorporación en programas de educación especial y a aumentos en la deserción escolar (3-5).

La ejercitación cognitiva tiene efectos variables según la intensidad y la edad (6-7) por lo que el entrenamiento de procesos cognitivos básicos continúa siendo un área de interés para la investigación en neurociencia. Durante la última década, diferentes grupos de investigación comenzaron a diseñar e implementar propuestas de intervención con base en la comprensión del funcionamiento de la mente, orientadas a enriquecer y optimizar el desarrollo cognitivo en diferentes contextos de aprendizaje (8-13).

Un grupo de procesos cognitivos de interés específico para el aprendizaje es el de aquellos involucrados en tareas que demandan control ejecutivo, como la autorregulación, la inhibición de estímulos irrelevantes o conflictivos para el logro de un fin, el sostenimiento de la información durante la ejecución de una actividad prolongada, la elección de estrategias para solucionar problemas según variaciones del contexto y la planificación de una secuencia de pasos sucesivos y su ejecución (14). Por ejemplo, las competencias de autorregulación son críticas para el desarrollo cognitivo, social y académico desde edades tempranas hasta la adultez (15) y la toma de conciencia frente a un determinado estímulo genera un aprendizaje mucho más flexible: con metacognición se aprende mejor y por más tiempo (16).

Recientemente, la comprensión de ciertos mecanismos cognitivos básicos involucrados en la lectura, el desarrollo de la aritmética y los mecanismos de la atención ha sido puesta a prueba en experiencias de campo. El objetivo de esos proyectos fue promover cambios en el desempeño cognitivo en niños sanos (9) y con trastornos específicos del desarrollo como el Trastorno por déficit de atención con hiperactividad y la discalculia (8,10,13,17,18). Incluso considerando los efectos moderados informados en esos trabajos, el

entrenamiento de los procesos cognitivos básicos por medio de juegos parece ser un enfoque prometedor para optimizar el desarrollo cognitivo y el aprendizaje de niños con y sin trastornos del desarrollo o con diferencias debidas al contexto socioeconómico (6,11,22,19-22).

Con base en estas y otras investigaciones en neurociencia cognitiva, desde hace varios años la contraparte de este consorcio internacional de investigación viene desarrollando “Mate Marote”, un *software* (23-26) cuya construcción y diseño fueron inspirados por conocimientos del campo de la neurociencia cognitiva, y aplicándolo en poblaciones socialmente vulnerables de niños de entre 5 y 8 años con el objeto de estimular y potenciar ciertos aspectos cognitivos esenciales (como control ejecutivo, planificación, flexibilidad, memoria de trabajo, categorización y atención) y que incluye abiertamente el componente de automonitoreo: en los juegos es claro que hay que tener una estrategia de pensamiento para poder ganar.

Así se encontró que los niños que jugaron a estos juegos tuvieron mejores desempeños en varias evaluaciones posteriores que los que jugaron a juegos con menor demanda cognitiva, y se verificó que fue posible modificar medidas cognitivas en estas poblaciones mediante las metodologías implementadas (26). Brevemente, en varias intervenciones los niños fueron divididos aleatoriamente en un grupo de estimulación (“MM”, que jugaría a los juegos diseñados por el grupo, denominados *Mate Marote*) y en uno control (que jugaría a juegos con menor demanda cognitiva). Todos los niños fueron evaluados antes y después de las intervenciones con una serie de pruebas cognitivas, que incluyeron medidas de flexibilidad cognitiva, control inhibitorio (27) y redes atencionales (28). Como era esperado, los dos grupos no mostraron diferencias en la evaluación previa. Sin embargo, tanto en tiempos de respuesta como en eficiencia, el grupo MM superó significativamente al control en ambas pruebas, sugiriendo que este *software* es un método práctico de facilitar la adquisición de competencias atencionales, sobre todo de tipo ejecutivo y de orientación endógena, y de flexibilidad cognitiva con componentes de control inhibitorio, todas competencias imprescindibles para la actividad cognitiva consciente y la adquisición de aprendizajes.

La flexibilidad cognitiva (la capacidad de adaptarse al ambiente, de modificar las acciones cuando las contingencias lo requieren) es crítica en un mundo cambiante: es esencial para adaptarnos y nos permite encontrar nuevas y diferentes formas de resolver problemas. Las capacidades de prestar atención y de ejercer control cognitivo son aspectos vitales de la adaptabilidad humana. Los procesos atencionales de control incluyen la capacidad de focalizar la atención cuando hay distracciones, de no interrumpir a otros, de aceptar realizar una tarea no deseada cuando existe un fin mayor y persistir hasta completarla aún cuando la recompensa demore en llegar (29). Los estímulos externos y las tendencias comportamentales arraigadas

pueden ejercer fuertes influencias sobre nuestro comportamiento, pero el control cognitivo nos permite modificar esa conducta adaptándola a nuevas situaciones.

Se ha encontrado que el control inhibitorio en niños de 4 y 5 años de bajo nivel socioeconómico es una medida predictora de algunas capacidades académicas tempranas, en particular, aritmética e identificación de letras y reconocimiento de fonemas (29,30). Carlson (31) plantea que la autorregulación jugaría un rol crucial en permitir la emergencia y expresión de la Teoría de la mente (ToM) en niños (es decir, la capacidad de comprender que los comportamientos de otros están guiados por sus propias creencias, deseos y estados mentales). Este grupo encontró que las funciones ejecutivas, como el control inhibitorio, están fuertemente implicadas en el desarrollo de la ToM. En el año 2003, un estudio (32) mostró que la calidad ambiental del hogar —un factor fuertemente asociado con el nivel socioeconómico— predice la habilidad de un niño para sostener la atención y ejercer el control inhibitorio.

Sumado a la importancia de los nutrientes cognitivos, las condiciones de pobreza y malnutrición durante la infancia han sido asociadas a factores de riesgo biológicos y psicosociales que impactan en el desarrollo del niño. Las situaciones de riesgo social generan la reproducción transgeneracional de desigualdades, con efectos a corto y largo plazo que afectan el desarrollo físico, el desempeño educativo y las oportunidades de inclusión social y laboral, entre otros. En este sentido, las situaciones de riesgo social "afectan la salud física y mental de los niños durante su desarrollo, condicionando significativamente sus habilidades cognitivas y sociales actuales y sus oportunidades de inserción escolar y social futuras" (33). Ahora bien, las estructuras que guían el desarrollo de los procesos de control (redes frontoparietales) y la resolución de conflictos provenientes de estímulos competentes (regiones frontal y cíngulo anterior) tienen una maduración que continúa hasta la adolescencia (34). Esta ventana de desarrollo genera una oportunidad, pues las funciones cognitivas pueden entrenarse y un niño estimulado aprovecharía mejor el acceso a la educación y a los recursos disponibles. Esto cobra fuerte sentido cuando el contexto en el que vive el niño no es suficientemente contenedor.

Mate Marote surge, a diferencia de programas similares disponibles en el mercado, como una herramienta libre, de código abierto y con evaluación de impacto para estimular aspectos cognitivos claves en el desarrollo. El gran desafío es, entonces, amplificar a gran escala la propuesta, y hacerlo de forma sustentable, es decir incluir más niños reduciendo el número de recursos humanos necesarios, valiéndonos del acceso masivo a la tecnología (computadoras y conectividad). El estudio de datos relacionados con aspectos educativos se encuentra encuadrado en un área emergente denominada "Educational data mining" (35-36)

que apunta a que la recolección y el análisis de datos de alumnos permitan extraer información detallada sobre los procesos de aprendizaje. Esta nueva área cuenta con una modesta variedad de herramientas de estudio de diversos actores del proceso educacional. Por ejemplo, se han aplicado técnicas automáticas para detectar el grado de motivación o compromiso que tiene cada estudiante con respecto al aprendizaje de un tema en particular (37). También se ha trabajado en la capacidad de predecir si la respuesta que va a dar un estudiante a un problema en particular será correcta y cuánto tiempo tardará en generarla (38,39) y, más globalmente, en predecir el desempeño escolar de un estudiante (40). En relación con esta línea de investigación el “Educational data mining” es considerado uno de los aspectos vinculados a la innovación y la tecnología que van a cambiar nuestra forma de trabajar y vivir en los próximos 5 años (41).

Las investigaciones en desarrollo cognitivo a través de datos masivos en escenarios de *BigData* son muy novedosas. Si bien existen antecedentes que recolectan de forma automática datos del desempeño y el rendimiento académico de niños (42,43), estos estudios están orientados a implementar modificaciones en las políticas escolares más que a entender profundamente el desarrollo cognitivo, y están basados en observaciones parciales en lugar de en un análisis sistemático de datos masivos. En estudios previos encontramos que el juego a distancia, no supervisado, presenta patrones de avance y tomas de decisiones similares al juego supervisado (44-46). Herramientas de análisis masivo de datos, como *machine learning* e inteligencia artificial, nos permitirán evaluar preguntas como las explicitadas previamente. Además, la utilización de la Web permite la acción descentralizada y masiva, asegurando la apropiación de la implementación por parte de la sociedad y fortaleciendo la articulación entre científicos, el Plan Ceibal y la comunidad educativa.

## **Metodología y diseño del estudio**

El presente proyecto tuvo como objetivo evaluar un software lúdico de estimulación cognitiva a gran escala en forma sustentable y eficiente: incluyendo más niños que en intervenciones presenciales, valiéndose del acceso masivo a la tecnología (computadoras y conectividad) y evaluar, para cada niño, el impacto del *software* en su cognición. Este cambio de escala requirió un cambio de paradigma y un esfuerzo de automatización y de inteligencia artificial significativo. Buscábamos también comenzar a responder cuál es la “dosis” óptima de juego que debe recibir un niño (duración de cada sesión, duración total, espaciado entre sesiones) y cuál es, si existe, el orden de los juegos que mejor estimulará su cognición.

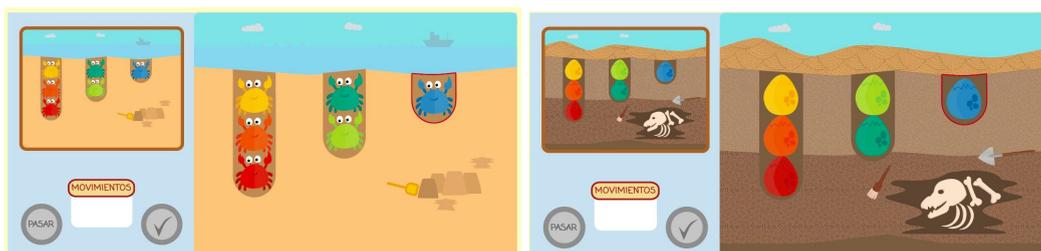
Un punto pertinente sobre el que no hay antecedentes en la literatura de la estimulación cognitiva es el tiempo óptimo que debe transcurrir entre dos instancias de intervención para generar una estimulación

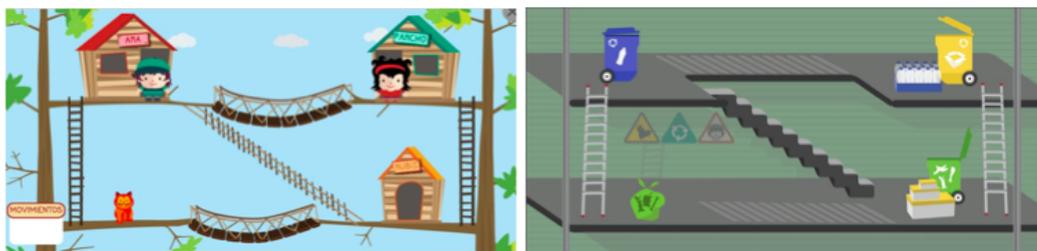
duradera, que genere aprendizajes sólidos que puedan transferirse a otros aspectos de la vida de los niños. Hace falta un estudio sistemático y riguroso de estas distribuciones temporales de eventos de estimulación cognitiva. ¿Produce el mismo impacto jugar  $x$  días consecutivos a un juego que hacerlo un día durante  $x$  semanas? ¿Tiene algún efecto diferencial jugar cada dos días o cada cinco? ¿Es mejor jugar todos los días a un juego distinto y repetir el ciclo cada dos semanas o jugar varios días al mismo juego y luego cambiar?

Tampoco existe bibliografía sobre el efecto del orden de los entrenamientos en la estimulación cognitiva, ni evidencia concluyente del efecto que la libre elección de tareas tenga sobre el entrenamiento cognitivo (ej. Ref.7). Estos aspectos poco explorados abren preguntas interesantes sobre el alcance y el impacto de las estimulaciones. Por ejemplo: jugar primero a un juego que estimula la memoria de trabajo y, luego, a otro que estimula procesos atencionales, ¿produce el mismo efecto que jugarlos en orden inverso? ¿Se obtienen los mismos resultados permitiendo a los niños que escojan el orden en que quieren jugar que si este les es especificado? ¿Se obtiene el mismo impacto jugando cada sesión a un juego solo que jugando a varios de forma alternada?

Este proyecto tuvo dos partes complementarias. Por un lado, fue necesaria la adaptación del *software* a fin de poder realizar investigaciones en las ceibalitas. Por otro lado, comenzamos a realizar dichas investigaciones, tanto en grupos piloto como a través de internet, en entornos “no supervisados”.

La adaptación del *software* y la generación y adaptación del entorno gráfico para su jugabilidad (dibujos, animaciones, fondos, sonidos, instructivos, desarrollo de instancias de premiación, adaptación de algunos juegos para que parecieran diferentes, ver Figura 1) se monitorearon mediante *sprints*: reuniones periódicas breves donde se reportan los problemas, se distribuyen los roles y tareas para el siguiente periodo y se determinan objetivos futuros. En total se llevaron a cabo 19 *sprints*, ver lista detallada de tareas en el Anexo 1.





**Figura 1.** Pantallas de dos versiones de dos juegos: arriba: *Torre de Londres* (evaluación). Abajo: *Casitas* (entrenamiento).

La adaptación del software fue más compleja de lo que estipulamos originalmente, lo que llevó más recursos y tiempos de lo previsto, debido a que encontramos un problema con la memoria de las tabletas de Ceibal, sumado a los esfuerzos por mejorar la jugabilidad de la plataforma.

Las pruebas presenciales del *software* también llevaron a implementar modificaciones que no estaban previstas originalmente, debido a que los niños atraviesan muchos juegos diferentes durante las primeras sesiones (dos a tres juegos de práctica, seis a ocho juegos de evaluación, los primeros tres juegos de entrenamiento) y esto hace que esperen que los juegos continúen cambiando a lo largo de toda la intervención. Esta situación de cambio no sucede actualmente porque los niveles de entrenamiento requieren, por definición, a) que el juego no cambie (que se entrenen sistemáticamente las mismas capacidades), y b) que el nivel de dificultad de cada juego vaya aumentando de acuerdo a la necesidad de cada niño, por ende, paulatinamente. Sumado a esto encontramos que algunos niños requieren motivación extra para seguir jugando cuando un juego se torna dificultoso y que es en ese punto, justamente, cuando el entrenamiento comienza a llevarse a cabo. El desafío al que nos enfrentamos hizo que el equipo decidiera hacer ajustes gráficos en los juegos de entrenamiento a fin de que parezcan juegos diferentes pero que el objetivo de entrenamiento y el nivel de dificultad no cambie (ver figura 1). Para esto, junto con la diseñadora, y con *feedback* de niños, definimos modificaciones:

- Cada juego otorga monedas de bronce a medida que los niños van cumpliendo ciertas instancias (como haber pasado cierto tiempo jugando, haber alcanzado un nivel, haber sorteado un nivel complejo, haber perseverado en un nivel aun cuando no lo gane, etc.).
- Las medallas de bronce se acumulan y se combinan generando monedas de plata y de oro.
- Cada moneda otorgada tiene un espacio privilegiado en pantalla, además de sonido y animación especial.
- Las monedas se acumulan (comparten) entre los juegos completando progresivamente un medallero especial en la página principal.
- Se agregaron videos alentando a los niños a continuar jugando o invitándolos a regresar otro día.

- Se modificó la forma en que se muestra la ganancia de puntos en cada juego de modo que se note un avance sustancial cuando los niños consiguen un logro.
- Se diseñaron e implementaron animaciones en la pantalla principal que se “activan” cuando un niño cumple un hito particular dentro de un juego.
- Desarrollamos un sistema semiautomático de contacto por correo para involucrar a los adultos responsables de los niños, a fin de que comprendan los procesos por los cuales los niños están atravesando y, consecuentemente, que nos ayuden a que estos se completen.

Otro imprevisto al que nos enfrentamos tiene que ver con el lenguaje. Si bien entre Uruguay y Argentina compartimos un rico idioma rioplatense, hay ciertos modismos y, sobre todo, acentos, que pueden dificultar la correcta comprensión y/o modificar la atención de los niños. Por esta razón, luego de las experiencias presenciales piloto, hemos redefinido el lenguaje a ser utilizado en los videos explicativos de los juegos.

En conjunto, los problemas imprevistos y sus soluciones redundaron en una plataforma que incorpora nuevos elementos de jugabilidad, haciendo en teoría más factible la retención de jugadores en el tiempo. A su vez, esto favorece la recolección de datos necesarios para entender cómo implementar las intervenciones de estimulación cognitiva de forma eficaz.

El diseño del estudio implicó una primera etapa en modalidad presencial con niños uruguayos y argentinos para realizar los ajustes necesarios. En Uruguay, se trabajó con 8 salas de nivel 5 de educación preescolar de diferentes niveles socioeconómicos. En Argentina, se trabajó con 2 salas de nivel 4 de educación preescolar provenientes mayoritariamente de contextos de vulnerabilidad económica.

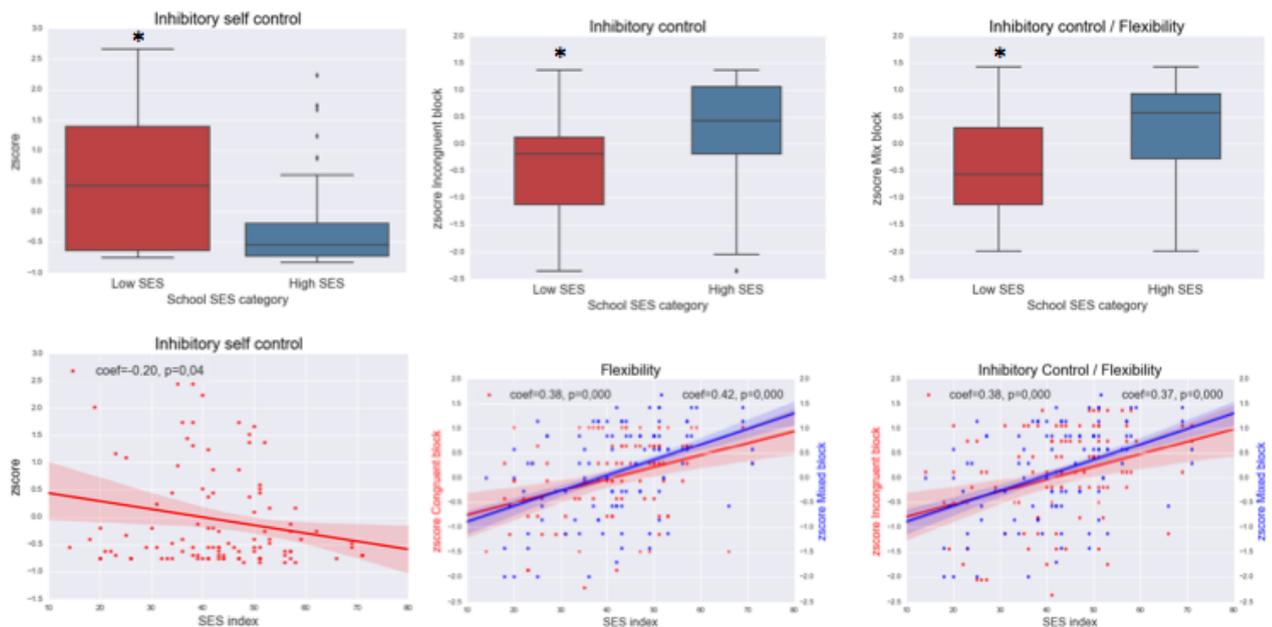
Habilitamos posteriormente la plataforma [www.matemarote.edu.uy](http://www.matemarote.edu.uy) e hicimos difusión a fin de conseguir usuarios para testear la plataforma de modo no supervisado. Los niños fueron asignados de modo pseudoaleatorio a uno de dos grupos experimentales : una secuencia bottom-up (es decir desde los procesos básicos a los superiores) y una secuencia top-down (entrenamiento desde los procesos superiores a los básicos).

## **Resultados.**

Los datos que se presentan a continuación forman parte del proyecto de doctorado en Psicología de Verónica Nin. Dicho trabajo se enmarca en la primera parte del proyecto y contempla los datos generados en modalidad presencial en Uruguay.

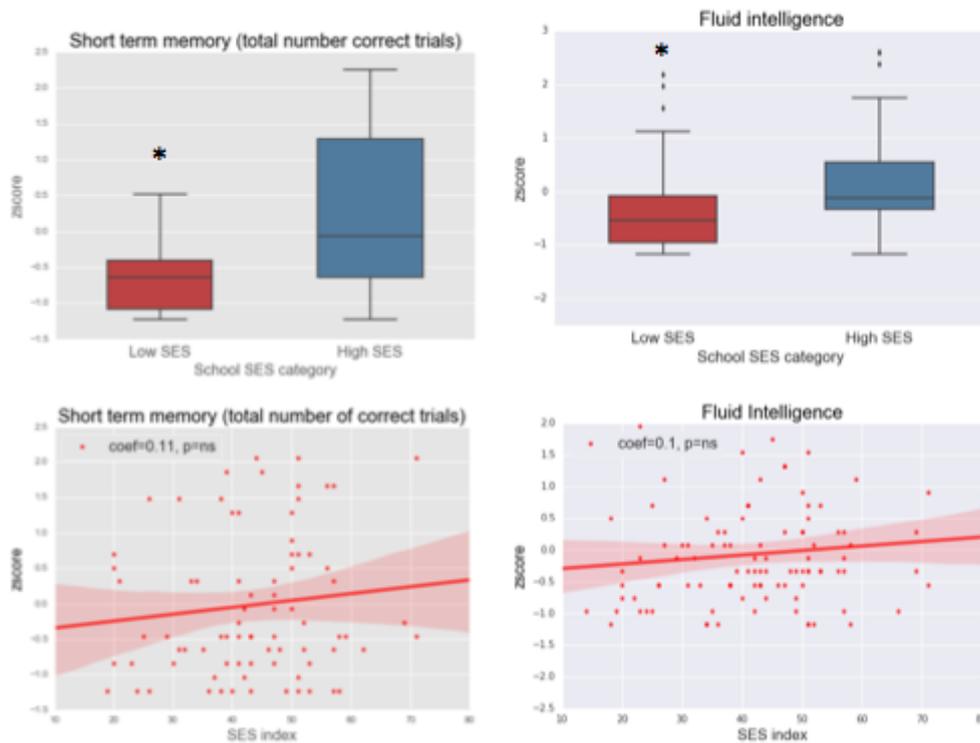
Hasta el momento nuestros resultados sugieren que el efecto del contexto socioeconómico en el desarrollo de las habilidades mentales evaluadas requiere un análisis proceso a proceso. Además, los resultados que consideran el nivel socioeconómico del hogar y de las escuelas no siempre coincide, incorporando un elemento para el análisis que no habíamos previsto originalmente.

Nuestros datos sugieren que, de los procesos evaluados, el control inhibitorio, la flexibilidad cognitiva (figura 2) y la planificación (figura 3) son los que presentan una asociación más fuerte con el contexto de desarrollo. Los niños que asisten a escuelas de quintil 1 presentan un desempeño disminuido en una tarea tipo stroop en relación a los niños que asisten a escuelas de quintil 5. En línea con estos resultados, la asociación entre nivel socioeconómico del hogar y desempeño en la tarea es estadísticamente significativa (figura 2). Los resultados obtenidos con tareas que evalúan planificación siguen la misma relación (figura 3). Sin embargo, el análisis de las tareas que evalúan memoria de trabajo e inteligencia fluida muestran un efecto claro del nivel socioeconómico de la escuela, pero no del hogar (figura 4). Finalmente, la habilidad para rotar imágenes mentalmente sigue un patrón distinto al del resto de los procesos evaluados: no muestra una asociación con el nivel socioeconómico de las escuelas ni de los hogares (figura 5).

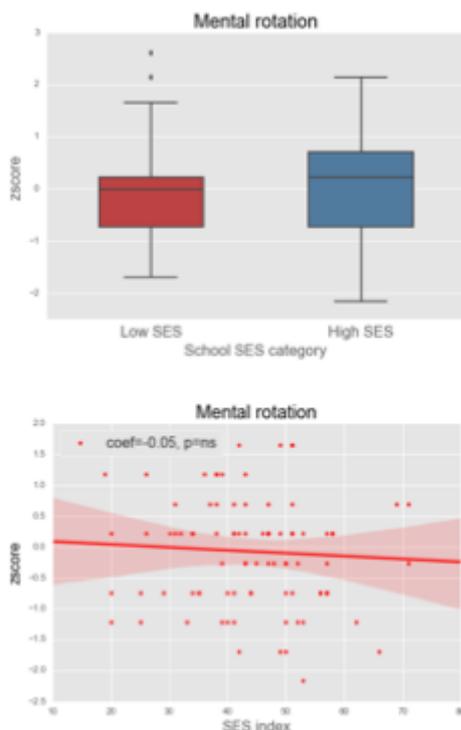


**Figura 2.** Resultados de tasa de aciertos en una tarea de tipo Stroop que requiere control inhibitorio y flexibilidad cognitiva. La tarea tiene un bloque que evalúa la capacidad de inhibir una respuesta automática, preponderante e incorrecta para ofrecer una respuesta subdominante pero correcta (control inhibitorio). El último bloque de la tarea incorpora además una medida sobre la capacidad de alternar entre reglas que se deben aplicar para ofrecer una respuesta correcta (flexibilidad cognitiva). Las gráficas boxplot de los paneles superiores muestran la tasa de acierto en ambos bloques en función del quintil de la escuela. Las gráficas en la parte inferior muestran la asociación entre la tasa de aciertos en ambos bloques y el nivel socioeconómico del hogar de los niños. Los asteriscos indican p-valor<.01

**Figura 3.** Resultados de la tarea Torre de Londres que evalúa capacidad de planificación. Se presenta el número máximo de movimientos en ensayos correctos (izq.) y el promedio de ensayos resueltos de forma correcta (der.). Ambas medidas muestran una asociación fuerte con el nivel socioeconómico de la escuela (paneles superiores) y del hogar (paneles inferiores). Los asteriscos indican  $p$ -valores  $<.01$

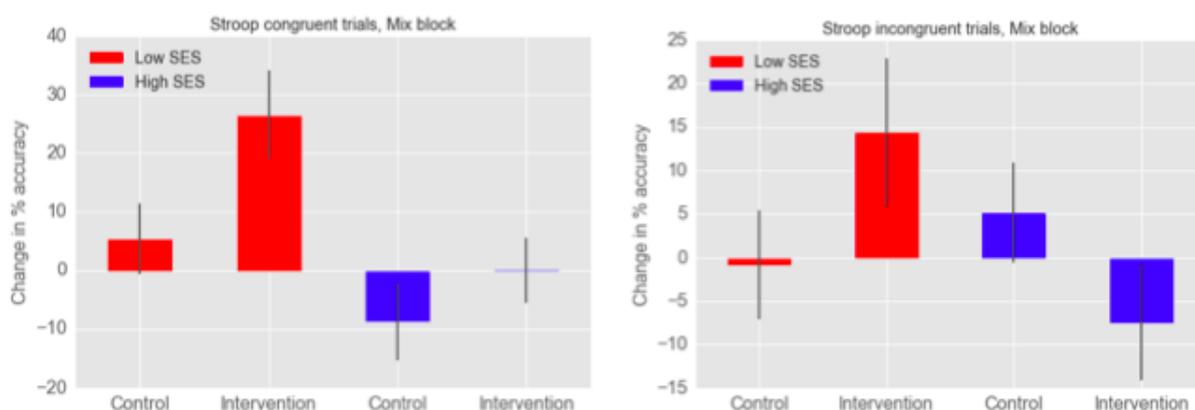


**Figura 4.** En los paneles de la izquierda se presentan los resultados de la tarea de Corsi, que evalúa memoria de trabajo espacial. En los paneles de la derecha se presentan los resultados de la prueba ToNI, que evalúa inteligencia fluida. En ambos casos, se observan resultados más bajos en las escuelas de quintil 1 (ver paneles superiores, los asteriscos indican  $p$ -valor  $<.01$ ). Sin embargo, los datos no muestran una asociación significativa con el nivel socioeconómico de los hogares (paneles inferiores).

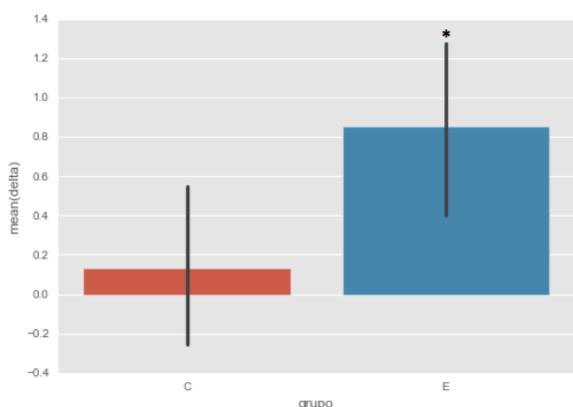


**Figura 5.** El desempeño en una tarea de entrenamiento en rotación mental (panel superior no muestra diferencias con relación al quintil de la escuela ni al nivel socioeconómico del hogar (panel inferior).

Hasta la fecha nuestros datos indican que la propuesta logró mejorar el rendimiento de los niños del quintil 1 en las pruebas que requieren control inhibitorio (figura 6). También encontramos un efecto significativo en la evaluación de rotación mental, pero en este caso, la mejora se da para todos los niños que jugaron con Mate Marote, independientemente del NSE de la escuela (figura 7).



**Figura 6.** Cambio en el porcentaje de aciertos en la tarea de tipo Stroop, que evalúa control inhibitorio y flexibilidad cognitiva. Se observa que los niños que asisten a escuelas de quintil 1 y participaron del grupo que jugó en la plataforma Mate Marote mejoraron significativamente su rendimiento.

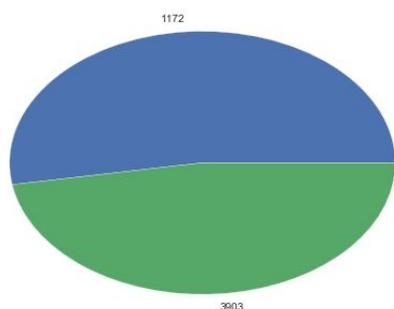


**Figura 7.** Cambio en el porcentaje de aciertos (en valores z) para los niños que jugaron a los juegos control y a los juegos de MM. Se observa una mejora significativa en la capacidad de razonamiento de tipo espacial en el grupo de niños que jugó en la plataforma MM.

Una vez recabados los datos descriptos, más los obtenidos en varias instancias de testeo de los juegos (como las descritas en los párrafos anteriores), habilitamos la plataforma [www.matemarote.edu.uy](http://www.matemarote.edu.uy), y, en línea con el trabajo sinérgico entre los grupos de Uruguay y Argentina, también habilitamos [www.matemarote.com.ar](http://www.matemarote.com.ar).

Hasta la fecha, se han registrado 801 usuarios en la plataforma con dominio .uy y 1875 en el dominio .ar. Estos datos sugieren que el esfuerzo de difusión del proyecto fue exitoso.

Una vez que comenzaron a registrarse usuarios en la plataforma, corroboramos que la asignación aleatoria entre grupos funcionara correctamente. Efectivamente, tal cómo se observa en la figura 8, aproximadamente el 50% de los usuarios se asignaron a cada uno de los flujos propuestos.



**Figura 8.** Asignación automatizada de los usuarios a cada uno de los dos grupos experimentales propuestos (3903, verde: Bottom-up; 1172, azul: Top down).

## Discusión

La trayectoria de desarrollo que recorrerá un niño emerge de las interacciones bidireccionales que se dan entre las características biológicas heredadas y una multitud de aspectos del entorno en el que crece (65). Las características del hogar y la escuela, a su vez enmarcadas en estructuras socioeconómicas y culturales más amplias, proveen experiencias de vida sumamente relevantes en el curso del desarrollo individual (66). Al igual que otros aspectos del desarrollo, la ontogenia de los procesos neurocognitivos es sensible a factores ambientales entre los que se destacan el estilo parental de crianza, el grado de estimulación cognitiva y el nivel socioeconómico del hogar (20). Un aspecto central del desarrollo cognitivo en la primera infancia es la maduración de un conjunto de habilidades mentales conocidas como funciones ejecutivas (FE). Las FE conforman una familia compleja de procesos cognitivos de alto nivel que nos permiten regular nuestra conducta y emociones, concentrarnos, manipular y razonar con la información que recibimos del exterior (o de nuestro interior) y ajustar nuestras acciones para alcanzar metas específicas. Son esenciales para todas las actividades que emprendemos en forma voluntaria y para desenvolvernos con éxito en entornos cambiantes marcados por la emergencia constante de nuevos desafíos. Tal como mencionáramos, la maduración de las FE es sensible al entorno: el estrés, las carencias nutricionales, contar con pocos recursos educativos y reducido acceso a una multiplicidad de experiencias enriquecedoras pueden impactar negativamente en su desarrollo (20). Por otro lado, varios estudios han mostrado que el uso sistemático y sostenido de las FE redunda en una mejora de estas; es decir, se trata de habilidades mentales que, lejos de ser estáticas, son

estimulables y susceptibles de ser modificadas (67). Sin embargo, algunos aspectos de la estimulación cognitiva son controversiales. Por ejemplo, no hay consenso sobre el impacto que tendría en otras habilidades asociadas pero no estimuladas directamente (transferencia), o la duración en el tiempo de los posibles beneficios (revisado en Ref.67). En este contexto, generar conocimiento sobre la modulación que el contexto de desarrollo tiene sobre las FE y como promover su desarrollo es una alternativa posible para generar estrategias que tiendan a equiparar desigualdades y promover un goce pleno de la primera infancia. Nuestro trabajo busca aportar evidencia en este campo de estudio y generar datos que den cuenta de las particularidades del desarrollo en nuestro país.

Los datos analizados hasta el momento apoyan la hipótesis de que el contexto modula las trayectorias de desarrollo, aunque con una complejidad que no habíamos previsto, tanto a nivel conductual como electrofisiológico. Nuestros resultados a nivel conductual muestran una asociación entre NSE y desempeño. Sin embargo, los resultados no son similares para todas las habilidades mentales evaluadas, ni guardan necesariamente la misma relación con el nivel socioeconómico del hogar y de la escuela. Este resultado abre la interesante posibilidad de que la escuela y el hogar, escenarios centrales para el desarrollo infantil, tengan efectos diferenciales en el desarrollo de habilidades mentales. También implica la necesidad de caracterizar mejor ambos ambientes de desarrollo para comprender cómo se da la interacción entre ambos.

En esta línea, somos conscientes que caracterizar el contexto de desarrollo con el índice de nivel socioeconómico del hogar es un recorte grueso de la realidad. Para sobreponernos parcialmente a esa limitación, nuestros datos incluyen otras dimensiones que se incorporarán al análisis: una aproximación al nivel socioeconómico desde la perspectiva de las necesidades básicas insatisfechas y elementos sobre la estimulación que reciben los niños en el hogar. Esperamos que el conjunto de estos datos nos permita hilar un poco más fino en la indagación sobre contexto y desarrollo. Asimismo, sería interesante en un futuro incorporar también características de los entornos educativos y de las relaciones docentes-niños en el análisis.

Nuestro trabajo indica además que es posible incidir positivamente en el desempeño en tareas que requieran funciones ejecutivas. Si bien nuestros resultados en este terreno son aún incipientes, apoyan la idea que la incorporación de actividades que promuevan el uso sistemático y sostenido de habilidades mentales es una estrategia para promover el desarrollo, particularmente en aquellos niños que no cuentan con una gama amplia de oportunidades de estimulación en sus hogares.

Finalmente, esperamos contribuir a una corriente crítica con la descripción de las consecuencias de la pobreza sobre el neurodesarrollo en términos negativos, superando un lenguaje basado en déficits y carencias. Desde esta posición se considera que los niños que crecen en contextos vulnerables presentan un neurodesarrollo que está sintonizado con las contingencias específicas de su entorno, permitiendo una adaptación exitosa en el corto plazo, aunque pueda ser potencialmente perjudicial en el largo plazo y en otros ambientes, en particular el escolar (68).

## **Resultados finales**

Por la naturaleza del proyecto, nos referiremos a resultados de dos tipos. Por un lado, contamos con resultados de naturaleza técnica, vinculados a la implementación de la plataforma web de videojuegos. Por otro, haremos referencia a resultados relacionados con los efectos de los videojuegos sobre el desarrollo cognitivo de niños, provenientes del análisis de datos.

Uno de los principales objetivos del proyecto es generar una plataforma gratuita con videojuegos que estimulen habilidades mentales básicas importantes para los procesos de aprendizaje, que los juegos sean amenos y divertidos para el público objetivo y que los datos de juego se guarden de forma correcta. Por lo tanto, el resultado más importante de este período de ejecución de proyecto fue lanzar en Uruguay la plataforma Mate Marote disponible en el sitio web [www.matemarote.edu.uy](http://www.matemarote.edu.uy) y que esta funcionara de manera exitosa.

Con el objetivo de mejorar algunas capacidades cognitivas de los niños que cursan la etapa escolar y preescolar de manera simple, lúdica y económica, en particular aquellos niños en situaciones más vulnerables, actualmente continuamos manteniendo el sitio web aunque haya finalizado el proyecto, y planeamos seguir haciéndolo.

En relación con los aspectos de investigación básica del proyecto, los datos analizados hasta el momento apuntan a una mejora en las evaluaciones posteriores a la intervención en los siguientes aspectos: rotación mental de imágenes mentales en preescolares de nivel socioeconómico diverso, aciertos en tareas que demandan control inhibitorio y flexibilidad cognitiva y mayor número de aciertos en tareas de planificación para niños que asisten a escuelas de menor nivel socioeconómico.

Con respecto a las investigaciones a distancia, en las experiencias piloto hemos corroborado la correcta comprensión de consignas a través de los videos y tutoriales automáticos por parte de los niños y hemos

detectado algunos cambios sutiles para mejorar aspectos concretos. Hemos podido medir tiempos de respuesta razonables (esperables, comparables a las instancias presenciales) en los juegos de evaluación para poder medir el alcance de las intervenciones. En este sentido, resultados preliminares muestran que se han encontrado mejores tiempos de reacción en las evaluaciones post con respecto a las pre en tareas que demandan control atencional en escolares. La incorporación de futuros datos nos permitirá entender mejor la forma en que la escuela y los hogares impactan en el desarrollo de estas funciones.

Con respecto al tiempo óptimo entre sesiones de entrenamiento (*spacing*), evaluado a distancia en un grupo piloto de nivel 4 preescolar en Argentina, se han encontrado mejoras en tiempos de respuesta comparando post y pre intervención en la tarea de redes atencionales (69) solo en el grupo que jugó de manera espaciada, si bien las sesiones jugadas fueron menos cantidad que las esperadas. Además, se pudo observar que, luego de la intervención, el grupo con entrenamiento masivo tuvo más cantidad de ensayos no respondidos que el grupo con entrenamiento espaciado, sugiriendo que este presenta mejores niveles de atención (o concentración, o control de sus impulsos). Si bien se trata de pocos niños (menos de 50), esta es la primera evidencia dentro del área que sugiere que, así como en tareas de aprendizaje clásico a nivel conductual y molecular (70,71), en el entrenamiento cognitivo la distribución espaciada parece ser la mejor manera, tal vez más eficiente, de conseguir una mejor ejercitación.

## **Recomendaciones, conclusiones, futuras investigaciones**

Este ha sido un primer proyecto conjunto muy exitoso y promisorio teniendo en cuenta los logros alcanzados y los desafíos sorteados. Logramos una plataforma sólida y eficiente incorporada a la oferta de tabletas y netbooks del Plan Ceibal, a la cual es relativamente fácil incorporar nuevos diseños e instancias que llamen la atención de nuestros pequeños usuarios. Precisamos encontrar una manera de que los niños retornen a la plataforma luego de haber jugado una primera vez. Precisamos involucrar más a la comunidad educativa para que nos ayuden a que los niños regresen a seguir jugando a otros juegos. La principal restricción que enfrentamos fue que menos de la mitad de los usuarios llegaron a la instancia de evaluación de procesos cognitivos (si bien jugaron muy bien y de manera constante en instancias previas, de “práctica”). La disminución en el retorno a la plataforma continuó en las sesiones posteriores, por lo que un porcentaje casi nulo de participantes realizó efectivamente el entrenamiento cognitivo. Y ningún usuario regresó a la plataforma para realizar la evaluación post entrenamiento que nos permitiría evaluar el alcance del

entrenamiento. Por esta razón, fue imposible testear las hipótesis planteadas en el proyecto con respecto al orden de los juegos o al tiempo transcurrido entre sesiones.

Algo positivo que conocemos por las experiencias piloto, a distancia o presenciales, que realizamos, y por haber hablado con las docentes de los niños, es que esto no parece deberse a que los juegos no resulten interesantes a los niños, sino a que hay una enorme cantidad de otros juegos disponibles, muchos de los cuales son “más fáciles”, y los niños se olvidan de regresar a nuestra plataforma. Esto no sucede cuando alguien se los recuerda: en esos casos los entrenamientos y evaluaciones son finalizados de manera exitosa. Si bien los niños juegan hasta el fin de la primera sesión, como explicamos previamente no es posible entrenarlos durante varias sesiones el mismo día porque el retorno asiduo a la plataforma, en días diferentes, es crucial para lograr entrenamiento cognitivo. El comportamiento de los usuarios observado era un riesgo previsto en el proyecto y fue explicitado en la propuesta. Durante el transcurso de este subsidio, el equipo de investigadores fue tomando una serie de medidas orientadas a llegar a la mayor cantidad posible de potenciales usuarios y mantenerlos de forma activa en la plataforma. Evidentemente esto no alcanzó y para el futuro deberemos involucrar más fuertemente a miembros de la comunidad educativa, tanto escolar como familiar, a fin de que nos ayuden a garantizar el retorno de los niños, tal como pasó en las experiencias piloto, que fueron muy exitosas.

## Bibliografía

1. *From neurons to neighborhoods: The science of early childhood development.* (National Research Council, 2000).
2. Irwin, L., Siddiqi, A. & Hertzman, C. Early Childhood Development: A Powerful Equalizer. *Final Rep. World Heal. Organ. Comm. Soc. Determ. Heal.* (2007).
3. Brooks-Gunn, J. & Duncan, G. J. The effects of poverty on children. *Futur. Child.* **7**, 55–71 (1997).
4. Nation, M. *et al.* What works in prevention: Principles of effective prevention programs. *Am. Psychol.* **58**, 449–456 (2003).
5. Beckett, C. *et al.* Do the effects of early severe deprivation on cognition persist into early adolescence? Findings from the English and Romanian adoptees study. *Child Dev.* **77**, 696–711 (2006).
6. Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J. & Munro, S. Preschool Program Improves Cognitive Control. *Science* (80-). **318**, 1387–1388 (2007).
7. Owen, A. M. *et al.* Putting brain training to the test. *Nature* **465**, 775–778 (2010).
8. Temple, E. *et al.* Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral remediation: evidence from functional MRI. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **100**, 2860–2865 (2003).
9. Rueda, M. R., Rothbart, M. K., McCandliss, B. D., Saccomanno, L. & Posner, M. I. Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **102**, 14931–6 (2005).
10. McCandliss, B. D. & Noble, K. G. The development of reading impairment: a cognitive neuroscience model. *Ment. Retard. Dev. Disabil. Res. Rev.* **9**, 196–204 (2003).
11. Justice, L. M., Meier, J. & Walpole, S. Learning new words from storybooks: an efficacy study with at-risk kindergartners. *Lang. Speech. Hear. Serv. Sch.* **36**, 17–32 (2005).
12. Siegler, R. S. & Ramani, G. B. Playing Board Games Promotes Low-Income Children's Numerical Development. *Dev. Sci.* **11**, 655–661 (2008).
13. Wilson, A. J., Revkin, S. K., Cohen, D., Cohen, L. & Dehaene, S. An open trial assessment of 'The Number Race', an adaptive computer game for remediation of dyscalculia. *Behav. Brain Funct.* **2**, 20 (2006).
14. Garon, N., Bryson, S. E. & Smith, I. M. Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychol. Bull.* **134**, 31–60 (2008).
15. Posner, M. I. & Rothbart, M. K. Developing mechanisms of self-regulation. *Dev. Psychopathol.* **12**, 427–441 (2000).
16. Committee on Developments in the Science of Learning. *How people learn : brain, mind, experience, and school.* (The National Academies Press, 2000).
17. Klingberg, T. *et al.* Computerized training of working memory in children with ADHD--a randomized, controlled trial. *J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry* **44**, 177–186 (2005).
18. Shaywitz, S. E., Morris, R. & Shaywitz, B. a. The education of dyslexic children from childhood to young adulthood. *Annu. Rev. Psychol.* **59**, 451–75 (2008).
19. Goswami, U. Neuroscience and education: from research to practice? *Nat. Rev. Neurosci.* **7**, 406–11 (2006).
20. Hackman, D. A., Farah, M. J. & Meaney, M. J. Socioeconomic status and the brain: mechanistic insights from human and animal research. *Nat. Rev. Neurosci.* **11**, 651–659 (2010).

21. Lipina, S. J., Martelli, M. I., Vuelta, B. & Colombo, J. A. Performance on the A-not-B Task of Argentinean Infants from Unsatisfied and Satisfied Basic Needs Homes. *Rev. Interam. Psicol. J. Psychol.* **39**, 49–60 (2005).
22. Aunio, P., Hautamäki, J. & Van Luit, J. E. H. Mathematical thinking intervention programmes for preschool children with normal and low number sense. *Eur. J. Spec. Needs Educ.* **20**, 131–146 (2005).
23. <http://www.matemarote.com.ar/>.
24. Segretin, M. S. *et al.* in *La Pizarra Babel. Puentes entre neurociencia, Psicol. y Educ.* (Sigman, S. L. y M.) (Libros del Zorzal, 2012).
25. Goldin, A. P. *et al.* Training Planning And Working Memory In Third Graders. *Mind, Brain, Educ.* **7**, 136–146 (2013).
26. Goldin, A. P. Evolución de memorias específicas a abstractas. Investigación en contextos de exigencia y entrenamiento cognitivo. (2012).
27. Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C. & Diamond, A. Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia* **44**, 2037–2078 (2006).
28. Rueda, M. R. *et al.* Development of attentional networks in childhood. *Neuropsychologia* **42**, 1029–1040 (2004).
29. Rueda, M. R., Checa, P. & Cómbita, L. M. Enhanced efficiency of the executive attention network after training in preschool children: Immediate changes and effects after two months. *Dev. Cogn. Neurosci.* **2 Suppl 1**, S192–204 (2012).
30. Blair, C. & Razza, R. P. Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Dev.* **78**, 647–663 (2007).
31. Carlson, S. M. & Moses, L. J. Individual Differences in Inhibitory Control and Children's Theory of Mind. *Child Dev.* **72**, 1032–1053 (2001).
32. Allhusen, V. *et al.* Do children's attention processes mediate the link between family predictors and school readiness? *Dev. Psychol.* **39**, 581–593 (2003).
33. Lipina, S. J. *Vulnerabilidad social y desarrollo cognitivo: Aportes de la Neurociencia.* (Jorge Baudino Ediciones, 2006).
34. Stevens, C. & Bavelier, D. The role of selective attention on academic foundations: A cognitive neuroscience perspective. *Dev. Cogn. Neurosci.* **2**, S30–48 (2012).
35. Romero, Cristóbal, and S. V. Educational Data Mining: A Review of the State-of-the-Art. *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. Part C Appl. Rev.* **40**, 601–618 (2010).
36. Baker, R. S. & Yacef, K. The State of Educational Data Mining in 2009: A Review and Future Visions. *J. Educ. Data Min.* **1**, 3–17 (2009).
37. Beck, J. E. Using response times to model student disengagement. in *Proc. ITS2004 Work. Soc. Emot. Intell. Learn. Environ.* (2004).
38. Ben-zadok, G., Leiba, M. & Nachmias, R. Comparison of Online Learning Behaviors in School vs. at Home in Terms of Age and Gender Based on Log File Analysis. *Interdiscip. J. E-Learning Learn. Objects* **6**, 305–322 (2010).
39. Beck, J. E. & Woolf, B. P. in *Intell. tutoring Syst.* 584–593 (Springer Berlin Heidelberg, 2000).

40. Ben-Zadok, G., Hershkovitz, A., Mintz, E. & Nachmias, R. in *Res. Reflections Innov. Integr. ICT Educ.* (A. Méndez-Vilas, et. al.) 55–59 (FORMATEX, 2009).
41. IBM. at <[http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/ibm\\_predictions\\_for\\_future/ideas/#Education](http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/ibm_predictions_for_future/ideas/#Education)>
42. Vesselinov, R. & Grego, J. *Duolingo Effectiveness Study*. (2012).
43. Long, P. & Siemens, G. Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *Educ. Rev.* **46**, 30–40 (2011).
44. Lopez-Rosenfeld, M., Goldin, A. P., Lipina, S. J., Sigman, M. & Fernandez Slezak, D. Mate Marote: A flexible automated framework for large-scale educational interventions. *Comput. Educ.* **68**, 307–313 (2013).
45. López-Rosenfeld, M., Goldin, A. P., Lipina, S. J., Sigman, M. & Fernandez Slezak, D. MemoMarote: a working memory training game. in *42 JAIIO, Jornadas Argentinas Informática* (2013).
46. López y Rosenfeld, M. Mate Marote: plataforma educativa de juegos para el entrenamiento de competencias cognitivas. (2012).
47. Sigman, M., Etchemendy, P., Fernández Slezak, D. & Cecchi, G. A. Response time distributions in rapid chess: a large-scale decision making experiment. *Front. Neurosci.* **4**, 60 (2010).
48. Paz, L., Goldin, A. P., Diuk, C. & Sigman, M. Parsing Heuristic and Forward Search in First-Graders' Game-Play Behavior. *Cogn. Sci.* **In press**, (2014).
49. Goldin, A. P. TedxRiodelaPlata joven. (2012). at <[http://www.tedxriodelaplata.org/orador/andrea-goldin?e\\_u=/eventos/tedxjoven%C3%ADodelaplata-2012&m=sgf](http://www.tedxriodelaplata.org/orador/andrea-goldin?e_u=/eventos/tedxjoven%C3%ADodelaplata-2012&m=sgf)>
50. Mate Marote. Mejorar el aprendizaje en el aula. *La Nac.* (2012). at <<http://www.lanacion.com.ar/1274536-mejorar-el-aprendizaje-en-el-aula>>
51. Bar, N. Logran mejorar el rendimiento academico con un videojuego. *La Nac.* (2014). at <<http://www.lanacion.com.ar/1678978-logran-mejorar-el-rendimiento-escolar-con-un-videojuego>>
52. Golombek, D. Cerebros al aula. *La Nac. Rev.* (2014). at <<http://www.lanacion.com.ar/1691966-cerebros-al-aula>>
53. MIT Technology Review Innovadores menores de 35 - Goldin. at <<http://www.technologyreview.es/tr35argentinayuruguay/profile.aspx?trid=1520>>
54. Kaufman, A. S. & Wang, J.-J. Gender, Race, and Education Differences on the K-Bit at Ages 4 to 90 Years. *J. Psychoeduc. Assess.* **10**, 219–229 (1992).
55. Brown, L. in *Handb. nonverbal Assess.* 191–221 (Springer US, 2003).
56. Carman, C. A. A review and critique of the Kaufman Brief Intelligence Test. in *Annu. Meet. Southwest Educ. Res. Assoc.* (2000).
57. Jay Gould, S. *The mismeasure of man.* (W I Norton, 1996).
58. Goldin, A. P., Lipina, S. J. & Sigman, M. To transfer or not to transfer. How to measure is the question... in *XIX Reun. SAN* 154 (2011).
59. Thurstone, L. L. & Yela, M. *CARAS - Percepción de diferencias.* (TEA Ediciones, 1985).
60. Pickering, S. J. The development of visuo-spatial working memory. *Memory* **9**, 423–432 (2001).
61. Porteus, S. D. *Porteus Maze Tests: Fifty years' application.* (Pacific Books, 1965).

62. Goldin, A. P. *et al.* Far transfer to Language and Math of a short software-based gaming intervention. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **111**, 6443–6448 (2014).
63. Anderson, A. & Huttenlocher, D. Engaging with massive online courses. *Proc. 23rd Int. Conf. World Wide Web* 687–698 (2014).
64. Heckman, J. J., Stixrud, J. & Ursua, S. The Effects of Cognitive and Noncognitive Abilities on Labor Market Outcomes and Social Behavior. *J. Labor Econ.* **24**, 411–482 (2006).
65. Gottlieb, G., Wahlsten, D. and Lickliter, R. 2007. The Significance of Biology for Human Development: A Developmental Psychobiological Systems View. *Handbook of Child Psychology*. 1:5.
66. Bronfenbrenner, U., & Ceci, S. J. (1994). Nature-nurture reconceptualized in developmental perspective: A bioecological model. *Psychological review*, 101(4), 568-586.
67. Diamond, A., & Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental cognitive neuroscience*, 18, 34-48.
68. Blair, C., & Raver, C. C. (2012). Child development in the context of adversity: experiential canalization of brain and behavior. *American Psychologist*, 67(4), 309.
69. Rueda, M. R., Fan, J., McCandliss, B. D., Halparin, J. D., Gruber, D. B., Lercari, L. P., & Posner, M. I. (2004). Development of attentional networks in childhood. *Neuropsychologia*, 42(8), 1029-1040.
70. Delaney, P. F., Verhoeven, P. P., & Spiergel, A. (2010). Spacing and testing effects: A deeply critical, lengthy, and at times discursive review of the literature. *Psychology of learning and motivation*, 53, 63-147.
71. Smolen, P., Zhang, Y., & Byrne, J. H. (2016). The right time to learn: mechanisms and optimization of spaced learning. *Nature Reviews Neuroscience*, 17(2), 77-88.

## **Instituciones que colaboraron**

Centro de Investigación Básica en Psicología, Universidad de la República. Uruguay.

Laboratorio de Inteligencia Artificial Aplicada. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Argentina.

Laboratorio de Neurociencia. Universidad Torcuato Di Tella. Argentina.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET. Argentina.

## **Autores y breve reseña profesional**

Verónica Nin

Licenciada en Bioquímica por la Universidad de la República. Se doctoró en Ciencias Biológicas en el 2014 a través del Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas de Uruguay y es estudiante de doctorado en Psicología. Es docente e investigadora en el Centro de Investigación en Psicología Básica de la Facultad de Psicología de la Universidad de la República de Uruguay. Es autora de más de una decena de trabajos científicos, publicados en prestigiosas revistas internacionales. Sus intereses incluyen psicología y neurobiología del desarrollo en contextos de vulnerabilidad social, particularmente en la primer infancia.

Alejandra Carboni

Licenciada en Psicología por la Universidad de la República y Doctora en Neurociencias por la Universidad Complutense de Madrid. Es Profesora Agregada de Facultad de Psicología, ejerciendo sus funciones en el programa Cognición del Instituto de Fundamentos y Métodos en Psicología. Es la directora del Centro de Investigación Básico en Psicología e investigadora principal de la línea sobre Atención. Su trabajo de investigación se enfoca en la Psicología Cognitiva con el objetivo de comprender los mecanismos atencionales y sus bases neuronales, así como aportar a la comprensión del vínculo entre los procesos de control ejecutivo y el desarrollo cognitivo en la primera infancia.

Sus dos líneas de investigación principales son 1) el estudio de los mecanismos de atención endógena, también conocidos como mecanismos de control o top-down y su interacción con los mecanismos de atención exógena, automáticos o bottom-up a través del registro y análisis de la actividad eléctrica cerebral y conductual. Esta línea de investigación busca identificar las dinámicas neurales implicadas en este equilibrio endógeno-exógeno tanto en su dimensión espacial (localización de áreas cerebrales) así como su dinámica temporal (estudio de las latencias); 2) comprender el impacto del contexto socioeconómico en el desarrollo cognitivo para desarrollar programas de estimulación cognitiva que apunten a equiparar oportunidades.

Andrea Goldin

Es licenciada en ciencias biológicas por la FCEyN de la UBA y doctora en ciencias fisiológicas por la Facultad de Medicina de la UBA. Tiene un diploma superior en educación y nuevas tecnologías por Flacso. Es investigadora asistente del CONICET en el Laboratorio de Neurociencia de la Universidad Torcuato Di Tella y es colaboradora del Laboratorio de Inteligencia Artificial Aplicada de la FCEyN de la UBA. Es miembro de Expedición Ciencia, ONG dedicada a la enseñanza informal de las ciencias. Es autora de más de

una decena de trabajos científicos, publicados en prestigiosas revistas internacionales. Además, llevó a cabo muchas charlas de divulgación científica, participó en el dictado de numerosos talleres de capacitación y formación docente en ciencias, escribió capítulos para libros de Neurociencias y de texto, desarrolló diversos recursos educativos de ciencias naturales y es docente de clases de neurociencia educacional en nivel de grado y posgrado para distintas instituciones.

## **Licenciamiento**

La licencia de Mate Marote es pública y el *software* es libre.

## ANEXO 1 - Detalle de los *sprints* realizados en el transcurso del presente proyecto

### Sprint 2

Modificar el controlador que guarda gameflow para sacar battery  
Revisar cuentas de la barra de progreso de ovillitos.  
Bug completion Fantasmitas testA  
Ver posibilidad de agregar menu de mobile.  
Ver nombre de usuario debajo del avatar  
Bug en mensaje de error enviado por usuario existente en el registro.  
Avast - Google. "Infeccion bloqueada".  
Cambiar Mayor y Menor por Mayor-igual, Menor-igual en las dependencias  
Agregar animacion de mouseover, mousemove a los steps del gameflow.  
Boton para exportar json del gameflow en el editor.  
En el admin, poder mover el cuadro de dependencias de arriba del gameflow.  
Bug en autoasignacion de usuarios  
Engine: agregar feature para que sea dificil de salir  
Bug al guardar un gameflow  
Sacar la opcion de bateria  
Bug avioncito: sacar avioncito durante feedback  
Bug Avioncito: no se actualiza remainingTime en nextTrial  
Implementar la dependencia de Daily Minute Played en el front-end

### Sprint 3

Terminar frontend de registro  
Agregar un servicio que dado un hash, devuelve el email asociado  
Agregar servicio de registro de email  
implementar trial random generator para n-back  
Modificar la gráfica de Casitas  
Cambiar videos por los nuevos con sonidos  
implementar back-end del flujo de registro con cuestiones legales.  
Implementar front-end del flujo de registro con cuestiones legales.  
Agregar sonidos a los juegos existentes  
Implementar el juego n-back  
Agregar el tipo de trial a las metricas

### Sprint 4

Arreglar /services/register/confirm para que acepte la imagen de avatar.  
Agregar servicio /services/register/checkuser  
Agregar chequeo de usuario automático al registro  
Agregar Response Time a todas las planillas de todos los juegos  
Agregar practice/trial en todas las planillas del mongo de todos los juegos  
Agregar qué bloque corresponde a cada trial de Stroop  
Google form embebido para el consentimiento del registro en escuelas.  
Bug: Groups -> details falla  
Agregar aviso de "Revisar spam"

Modificar la página de registro para escuelas con un google form embebido.

Agregar tipo de trials a Fantasmitas

Agregar registro de IP al almacenar métricas

Métricas: revisar trial type en Stroop

Métricas: agregar tipo de trial en Corsi

Armar interfaz para seleccionar Avatar

implementar grafica n-back

#### Sprint 5

sacar feedback de los primeros N objetos de N-back

Implementar repetición de video para refuerzo

Agregar animaciones a los juegos y gameflow

#### Sprint 6

Reportar registraciones en programa

Pasar a HTTPS con certificados de LetsEncrypt

Agregar cartel del n en N-back

Pasarle a andre la lista de juegos y colores

Implementar el n dinámico para N-back

Agregar achievements en los juegos

Actualizar *GameManifest* con número de versión nuevo para tecnopolis

Terminar de hacer deploy de compus Tecnópolis

Implementar achievements

sacar feedback de los primeros N objetos de N-back

Colocar avatar correcto en el template header

#### Sprint 7

implementar pantalla final en gameflow por minutos diarios jugados

armar nivel ANT

Agregar pantalla final a n-back

implementar handler de timeout diario en los juegos.

Actualizar video Avioncito

Actualizar video de Casitas

#### Sprint 8

Agregar sonido a los achievements

Revisar que estemos guardando IP de las tabletas

Nivel de MemoMarote

TOL: tener dos versiones, test y training

Niveles de casitas: revisar lógica y subir niveles

Nivel de avioncito: 8 vidas y sin progreso

Agregar niveles de Nback

Agregar opción de no mostrar video al VideoTrialManager

#### Sprint 9

Crear usuarios para intervención Uy

Agregar opcion de volver a jugar a TOL y TONI  
Bug en Stroop con el boton  
Preparar TOL y ToNi para V. Nin

#### Sprint 10

Synchronize en el Gameflow  
Implementar ToNi B  
Agregar dependencia completed single en el gameflow  
NBack: separar en test y training

#### Sprint 11

Correcciones en graficos de Toni  
Adaptar front-end del editor de gameflows respecto de la re-ingenieria JSON  
planilla n-back  
Cambiar los niveles de TOL test  
Agregar achievements a CF y Avioncito  
Cambio en achievements: juntar todos los achievements  
Cambios en MemoMarote y Ghost pedidos por V. Nin  
Mostrar por consola si es trial ganado o perdido en toni  
parametrizar valores de la configuracion del criterio de corte de TOL  
Ordenar imagenes y armar nivel correcto de toni B  
Agregar handler de timeout diario a fantasma  
Implementar grafica nueva para Corsi  
Reingeniería de serialización JSON en el server

#### Sprint 12

Implementar gráfica nueva para Corsi  
Propagar cambios de level de TOL  
Propagar cambios de Nback/Test/movie a los demas Nback/Tests  
Hacerlo compatible con Firefox  
Gameflow: reinterpretar JSON del servidor según nueva serialización  
Poner progreso a todos los juegos con variable de opción en el level file.  
Cambiar edad por fecha de nacimiento en el formulario  
Hacer servicios de recover\_password en función de la reingeniería del front  
Hacer el frontend de recover\_password

#### Sprint 13

Armar documentación de Stroop  
Agregar el campo description a step  
Agregar strokeColor a los gameflowSteps  
Agregar descripción de gameflow step, gameflowstep\_id, gameflow\_id, programa y grupo en cada métrica  
Generar planilla mongoDB para Casitas  
Bug: botón play de juegos en el Admin no funciona

#### Sprint 14

Implementar Preloader para que funcione con HTML5 offline cache

Internacionalizar el registro y el header template

#### Sprint 15

1. Video tutorial skip handler
2. Ghost: Agregar RT en las métricas de ghost training. Matching Cards y non-matching
3. Balancear automáticamente edad en la asignación aleatoria de grupo
4. Agregar un checkbox en las dependencias del GF para bloquear los parents al habilitar juego.
5. Agregar número de bloque en las métricas de Stroop

#### Sprint 16

1. Subir gráficos nuevos de Pau al wiki
2. cambiar wholes por holes en TOL level para pocitos
3. N-back: agregar en las métricas si es positivo o negativo el trial
4. Agregar campo descripción del GameFlowStep
5. Cambiar fondos de Corsi
6. Implementar medallero nuevo en el gameflow
7. Implementar mecanismo de animaciones en el gameflow
8. Implementación de medallas
9. Hay que implementar los ovillos y nubises.
10. Bug en disableParent
11. Herencia de progreso
12. Bug en Corsi con la variable turnOnTime
13. Hacer que ANT use el engine
14. Implementar gráfica nueva Avioncito Rocket
15. implementar gráfica nueva CF Donuts
16. Detectar si se está entrando desde Internet Explorer y ofrecer un cartel de cambio a Chrome

#### Sprint 17

1. Obtener los thumbnails y logo del manifest en el servidor
2. poner un máximo tiempo de animacion a CF score board addScore.
3. Bug ChocolateFix dulce pasa por debajo de la animación
4. Bug en los precios de las medallas que difieren en el gameflow y en los juegos.
5. Hacer que el progress avance un ovillo por trial
6. Sacar el menú mobile cuando se está mostrando el baner de la cabecera.
7. Bug en Corsi, el botón check no muestra el efecto de pressdown
8. Bug con la opción recordarme, no se puede deslogear más si se elige esa opción
9. Resaltar el step correspondiente a la animación
10. Implementar gráfica nueva Casitas Recycled
11. Agregar pantallas finales a todos los juegos
12. Implementar gráfica nueva TOL Dinosaurs
13. Agregar animación de nubis completado en en checkpointBar
14. Implementar fondos nuevos N-Backs
15. Implementar Gráfica nueva TOL Crabs
16. Soportar en el engine preload con prefijos en los level files
17. Agregar animaciones listas

18. Buffixes varios: TOL Test Boat, TOL Test pocitos, ToNi-A/ToNi-B, Casitas

#### Sprint 18

1. Agregar un pre preloading al gameflowNBack, poner un máximo de veces que se muestran los video si se vuelve a jugar
2. agregar un delay a las dependencias
3. Implementar grafica nueva MemoMarote Snow
4. Poner todos los sonidos de cada juego de cada versión correctamente
5. Bugs a reparar del testeo realizado por andre
6. implementar upload\_games\_from\_csv.py
7. NBack Test: Convertir Feedbacks en botones
8. Casitas reciclado: Agrandar espacio donde se pueden soltar los objetos
9. Cambiar texto del consentimiento
10. cambios en la sección quienes somos
11. Hacer que el gameflow arranque escoleando para mostrar el estante del último juego que se jugó.
12. Implementar nuevo criterio general de medallas
13. preparar el servidor de producción

#### Sprint 19

1. Agregar pantalla de inicio con banderas de Argentina y Uruguay
2. gameflow editor: Hacer que los steps se agreguen en el último shelf donde se agregó un juego (pedido de andre).
3. Agregar default color and stroke color en el manifest de los juegos.
4. Agregar etiquetas a los campos de colores en el editor del gameflow
5. Agregar un loading para cuando se está guardando el gameflow
6. Reparar de bugs emergentes en producción
7. Eliminar las duplicaciones de Progress.gameStarted
8. Bug en corsi - cualquier secuencia que sea como la correcta y repita x veces el último estímulo es tomada como válida
9. Separar los videos de los trials de forma que sean contabilizados como distintas cosas.
10. Estandarizar el mecanismo de pantalla final de todos los juegos en el engine