

# Mate Marote: Videojuegos para Estimular el Desarrollo de Procesos Cognitivos

Verónica Nin, Andrea P. Goldin y Alejandra Carboni

**Title**—Mate Marote: videogames to stimulate the development of cognitive processes.

**Abstract**— Early childhood is a period characterized by the rapid development of several cognitive abilities known as executive functions (EF), required for all kinds of learning and adaptive behaviour. Alike other aspects of development, both positive and detrimental environmental conditions can have a potential impact on EF maturation. For instance, an improvement in EF is usually reported when children engage in activities that gradually and systematically challenge them. Mate Marote is a free online platform with videogames inspired in neurocognitive science findings that aim to stimulate the development of EF in school-aged children. In this work we present features of the platform, the games, and some promising results obtained in an experience with first graders in Argentina.

**Index Terms**— Cognitive training, education, executive functions, Latin America, videogames.

## I. INTRODUCCIÓN

LA trayectoria de desarrollo que recorrerá un niño emerge de las interacciones bidireccionales que se dan entre las características biológicas heredadas y una multiplicidad de aspectos del entorno en el que crece [1], [2]. 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 [3]. 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

[4]. 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 neurocognitivos de alto nivel que nos permiten regular la conducta y las 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 de forma voluntaria y para desenvolvemos con éxito en entornos cambiantes marcados por la emergencia constante de nuevos desafíos. Si bien no hay un único criterio para ordenar estas habilidades, una clasificación muy aceptada propone que se pueden organizar en FE básicas y superiores. Según esta taxonomía, las FE básicas son tres: la capacidad de inhibición, la flexibilidad cognitiva y la memoria de trabajo (MT) [5]. A partir de estas funciones básicas se desarrollan FE superiores: la capacidad de planificar, de resolver problemas y de razonar en forma lógica. Numerosos estudios han mostrado que las FE poseen un elevado carácter predictor de la preparación escolar, del comportamiento en el aula, del subsecuente logro académico [6], [7], así como del desarrollo de la lectoescritura y de los logros en matemáticas en los primeros grados [8]–[10]. Tal como mencionáramos, la maduración de las FE involucra componentes hereditarios y otros vinculados al entorno, siendo el peso relativo de estos factores diferente según el proceso considerado [11]. De los aspectos vinculados al ambiente el estrés, las carencias nutricionales, contar con pocos recursos educativos y un reducido acceso a una multiplicidad de experiencias enriquecedoras pueden impactar negativamente en su desarrollo [4], [12]. Por otro lado, el desempeño en tareas que requieren FE depende no solo de aspectos individuales y ambientales estables en la vida de los niños, sino también de factores situacionales como podría ser un evento puntual de frustración [13]. Más aún, varios estudios han mostrado que el uso sistemático, progresivo y sostenido de las FE redundan en una mejora de éstas; es decir, se trata de habilidades mentales que, lejos de ser estáticas, son estimulables y susceptibles de ser modificadas [5].

En relación con las estrategias para estimular las FE durante la infancia, en un extremo se encuentra la implementación de currículas preescolares que integran actividades orientadas a promover el desarrollo de estas funciones [14]–[16]; en el otro, el entrenamiento en el laboratorio con tareas clásicas adaptadas [17]–[20]. En un punto intermedio, una línea de trabajos evalúa el impacto

V. Nin (verónica.nin@gmail.com) y A. Carboni (alejandra.carboni@psico.edu.uy) pertenecen al Centro de Investigación Básica en Psicología, Facultad de Psicología, y al Centro Interdisciplinario en Cognición para la Enseñanza y el Aprendizaje, Universidad de la República, Tristán Narvaja 1674, Montevideo, Uruguay  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3162-1582>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4009-1122>  
A.P. Goldin Argentina (apgoldin@gmail.com) pertenece al Laboratorio de Neurociencia, Universidad Torcuato Di Tella, Av. Figueroa Alcorta 7350, Buenos Aires, Argentina y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Ministerio de Ciencia, Buenos Aires, Argentina.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6402-0890>

del entrenamiento cognitivo en contextos escolares o el hogar, pero mediado por plataformas comerciales de tareas computarizadas, que en general incluyen elementos de gamificación [21]–[23]. Los resultados obtenidos por las curriculas informadas en la investigación (*research-informed practices*) suelen ser alentadores [5], [16]. Más controversiales son los resultados obtenidos con intervenciones que apuntan a estimular de forma específica un proceso en particular a través de videojuegos [24]. Es necesario distinguir el impacto de estos programas en habilidades estrechamente vinculadas con las entrenadas (*transferencia cercana*) y en procesos no entrenados, que incluyen desde actividades similares a las entrenadas, pero novedosas, hasta aspectos de la vida cotidiana, incluyendo el rendimiento académico (*transferencia lejana*). Es así mismo relevante precisar que la mayoría de los trabajos en esta línea apuntan a estimular únicamente la MT. Un metanálisis reciente acerca del impacto de la estimulación de la MT en niños y jóvenes sin alteraciones cognitivas evidentes reporta efectos medios en transferencia cercana, pero efectos no significativos en transferencia a otros dominios (por ejemplo, inteligencia fluida y control atencional) o rendimiento académico [25]. Sin embargo, se han reportado efectos de transferencia lejana en niños con entrenamientos que involucran varios procesos [26]. Es interesante que los resultados son similares para niños con déficit atencional con hiperactividad; es decir, los programas de estimulación que incluyen varios procesos cognitivos producen resultados alentadores en relación con la sintomatología, pero esto no sucede con los que se focalizan únicamente en la MT [27]. Menos abundantes pero con resultados promisorios son los entrenamientos con base en la flexibilidad cognitiva, que muestran efectos de transferencia cercana y lejana a memoria de trabajo, control inhibitorio e inteligencia fluida (revisado en [28]). Aunque poco explorado, también hay reportes de entrenamiento cognitivo de FE superiores. Por ejemplo, Mackey et al. [29] y Bergman Nutley et al. [30] incluyeron en sus programas juegos orientados a estimular procesos de razonamiento y encontraron transferencia cercana, pero ninguno de estos trabajos evaluó transferencia a aspectos ecológicamente relevantes. Finalmente, Goldin et al. [31] entrenaron MT y planificación, y encontraron transferencia cercana y a procesos no entrenados, como inteligencia fluida.

En este contexto surge, desde algunos sectores de las ciencias cognitivas, la preocupación por generar programas que beneficien el desarrollo cognitivo de forma económicamente viable y con un impacto social potencialmente amplio [32], [33]. Puesto que varios países de América Latina tienen en funcionamiento programas que brindan un dispositivo electrónico a cada niño en edad escolar (y preescolar en algunos casos, por ejemplo el plan Ceibal en Uruguay) [34]–[36], esta tecnología se posiciona como un factor mediador de fácil acceso para impactar en el desarrollo de niños que cursan la etapa escolar. Este escenario propició la creación de *Mate Marote*, una plataforma *online* de videojuegos de libre acceso inspirados en conocimientos de las neurociencias cognitivas que buscan evaluar y estimular de forma entretenida el desarrollo de las FE en niños. *Mate Marote* es, hasta donde las autoras saben, la única plataforma gratuita, sin fines de

lucro y con evaluación de impacto que permite diseñar e implementar programas de evaluación y estimulación cognitiva orientados a responder las muchas incógnitas que aún subsisten en relación con la efectividad del llamado ‘entrenamiento cognitivo’. Más aún, los investigadores pueden generar flujos de actividades, definir el orden de los juegos, establecer las dependencias entre las actividades y determinar el tiempo que éstas se encuentran activas. Además, pueden modificar de forma sencilla algunos aspectos de los algoritmos adaptativos (descritos con más detalle en la sección ‘Juegos de estimulación’). En el mercado existen otras plataformas de entrenamiento cognitivo, pero éstas o bien no permiten acceder a todas las actividades de forma totalmente gratuita, o no permiten que los investigadores modifiquen según sus necesidades aspectos clave de los programas de estimulación, y funcionan como plataformas comerciales cuyo principal cometido no es la investigación, aunque sus productos sean evaluados por científicos siguiendo una rigurosa metodología (el caso de Cogmed [37] o Lumosity [38], [39]). Otras no permiten un entrenamiento progresivo y adaptado al usuario (el caso de brainmetrix.com). Por lo tanto, lo que hace único y versátil a *Mate Marote* es la combinación de las características que mencionamos previamente, sumado al diseño orientado específicamente al público infantil. A continuación presentaremos la estructura computacional básica de *Mate Marote*, los elementos de jugabilidad que ha incorporado, los juegos y, finalmente, algunos resultados de intervenciones con niños de edad escolar.

## II. GENERALIDADES DE LA PLATAFORMA

*Mate Marote* cuenta con una gran variedad de juegos atractivos para niños que cursan educación inicial y los primeros años de educación primaria: algunos de ellos permiten evaluar el nivel de desarrollo de las FE, mientras que otros buscan estimularlo.

Los juegos de estimulación son en su mayoría adaptaciones de tareas clásicas. Uno de los objetivos de *Mate Marote* es transformarlas en actividades entretenidas y desafiantes al mismo tiempo, permitiendo que el niño juegue en el límite de sus capacidades: si el juego es demasiado fácil, no habrá estimulación; si, por el contrario, es demasiado difícil, el niño no podrá resolverlo y la actividad le resultará frustrante. Para lograr que los juegos se adecuen a las capacidades del niño, cada uno de ellos incluye algún tipo de mecanismo adaptativo: los juegos comienzan de forma sencilla y se complejizan a medida que el niño avanza en los niveles y en el uso de las habilidades requeridas. Esto significa que cada niño puede avanzar rápidamente en los niveles que le resultan fáciles de solucionar y, a medida que la tarea se complejiza, cuando pierde un número determinado de ensayos de forma consecutiva, los niveles se vuelven más sencillos. A través de esta estrategia se intenta evitar la frustración y mantener la dificultad en el “techo” modificando el juego para que el progreso se dé de manera individualizada, según las habilidades del niño [40]. La combinación de estas características junto con la práctica sostenida y sistemática promueve la adquisición de las competencias buscadas.

Mate Marote es una plataforma web con juegos desarrollados en *javascript*. El *backend* que provee los servicios tanto a los jugadores como a los investigadores se desarrolló en Java, y la aplicación web se hospeda en un servidor *JBoss* en la nube, lo que asegura que el sitio esté siempre disponible con poco mantenimiento. Al jugar, las métricas son enviadas al servidor y almacenadas en una base de datos PostgreSQL. Posteriormente, a pedido de los investigadores los datos se filtran y se almacenan en una base de datos MongoDB, desde la cual se generan archivos CSV con las métricas solicitadas. En relación al envío de datos (*data streaming*), los juegos envían la información al servidor de manera incremental en pequeñas unidades que no necesariamente contienen toda la información referente al ensayo en curso. Esto implica un paso posterior de reensamblado de la información que se realiza cuando los investigadores solicitan los datos específicos sobre los juegos. Esta estructura permite que la pérdida temporal de conectividad no implique una pérdida de datos (por una descripción completa de la arquitectura computacional de Mate Marote ver [41]).

Una vez que los juegos se suben a la plataforma, los investigadores los combinan en un ‘camino’ o ‘flujo’ de juegos (*gameflow*), definiendo las dependencias entre actividades y la cantidad de tiempo que cada actividad permanece activa, de acuerdo a criterios como la cantidad de tiempo jugado, la fecha o el nivel de progreso en el juego (figura 1A). Las investigaciones en el área suelen consistir en tres etapas: una evaluación preestimulación, una etapa de estimulación y una última de evaluación posterior [17], [42], [43]. En Mate Marote, cada etapa está enmarcada dentro de un flujo de juego que puede contener varias actividades y dependencias específicas y durar lo que el investigador defina, tanto en cantidad de horas, días o progreso alcanzado por los usuarios para cada juego.

Cuando un usuario entra en la plataforma por primera vez, encuentra al menos un juego activo en el flujo de juegos que se le ha asignado (ver figura 1B). Una vez que se alcanza el criterio de finalización para el juego que el usuario seleccionó, el niño es enviado nuevamente a la pantalla principal, donde encontrará nuevos juegos activos o un mensaje que le indica que debe esperar cierta cantidad de tiempo (por ejemplo, un día) para que se activen otros juegos.

En resumen, la plataforma permite que los investigadores definan la estructura de las intervenciones estableciendo el orden de los juegos, las dependencias entre ellos, el tiempo que permanecen activos y hasta la frecuencia con que éstos se habilitan. La estructura computacional de Mate Marote permite el almacenamiento de los datos de la interacción del niño con los juegos, posibilitando el seguimiento de los aprendizajes.

Todos los procedimientos se adecuan a los derechos internacionales de los niños, niñas y adolescentes, cuentan con aprobación de un comité de ética internacional y el envío y guardado de datos se realiza de manera encriptada y confidencial. Para que un niño pueda jugar, requerirá la generación de un usuario en la plataforma, para lo cual es necesario que un adulto responsable firme un consentimiento informado.

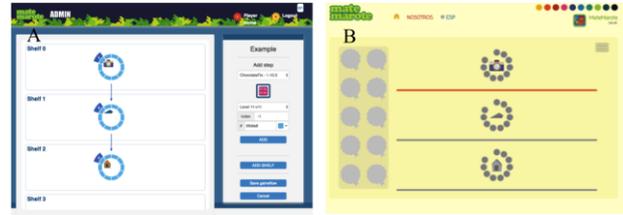


Figura 1. Capturas de pantallas de la plataforma Mate Marote: A) Pantalla representativa del *backend* del sitio para administradores. Los investigadores diseñan un flujo de juegos; en este ejemplo consiste en un primer paso con un juego de memoria de trabajo (*n-back*), un segundo juego de control inhibitorio y flexibilidad cognitiva (Avioncito) y un tercer juego de planificación (Casitas). Las flechas indican que se han establecido dependencias que establecen el orden de las actividades. B) La visión de usuario del flujo de juegos establecido en A. El único juego habilitado es el primero, porque aún no se alcanzaron los criterios que permiten que se active la segunda actividad.

### III. ELEMENTOS DE GAMIFICACIÓN

Varios trabajos muestran que la incorporación de elementos que mejoran la jugabilidad de las tareas aumenta la motivación y el disfrute de los usuarios [44], [45]. Desde su nacimiento en 2008 hasta la fecha, Mate Marote ha incorporado y continúa incorporando elementos para mejorar la motivación, la interacción y el enganche (*engagement*) de los niños con los juegos. Estos factores, estudiados dentro del campo de la gamificación, pueden someterse a diversas clasificaciones cuyo debate se encuentra más allá de los objetivos de este trabajo. No obstante, para ordenar la sección, presentaremos los elementos que Mate Marote ha incorporado según los principios para la gamificación en contextos educativos propuestos por Dicheva et al. [46].

**Diseño estético.** Todos los elementos (personajes, íconos, medallas, animaciones) de la plataforma fueron diseñados con una estética atractiva para niños en los primeros años escolares. Cada juego tiene un ícono especial. Al loguearse, los jugadores pueden ver todos los íconos que conforman el flujo de actividades que tienen asignado.

**Historia y avatares.** Los juegos de Mate Marote son presentados y protagonizados por tres personajes principales: la niña Ana, el niño Pancho y el gato Nubis que, con distintos vestuarios y junto a otros personajes (ver figura 2A), pueden elegirse como avatares al generarse un nuevo usuario en la plataforma.

**Progreso.** Hay dos elementos que permiten al usuario seguir su avance. Por un lado, en la parte inferior de cada pantalla de juego, el progreso se visualiza por ovillos de lana que van pintándose de acuerdo a criterios prefijados que pueden incluir cantidad de tiempo jugado, porcentaje completado o ensayos ganados, entre otros. Además, y siguiendo el mismo tipo de criterios, en la página principal, círculos de colores alrededor de los íconos de cada juego van iluminándose de acuerdo al avance del jugador (figura 2B derecha).

**Feedback.** Inmediatamente después de cada ensayo de entrenamiento se presenta *feedback* positivo o negativo en modalidad visual, auditiva o ambas.

**Medallas.** Cada juego otorga monedas de bronce a medida que los niños van cumpliendo metas (como haber pasado cierto tiempo jugando, haber alcanzado cierto nivel, haber sorteado un nivel complejo, haber perseverado en un

nivel aun cuando no lo haya ganado, 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 la pantalla, además de sonido y animación especial. Las monedas se comparten entre los juegos, completando progresivamente un medallero especial en la página principal (figura 2B izquierda).

#### IV. JUEGOS DE ESTIMULACIÓN

##### **Avioncito (control inhibitorio y flexibilidad cognitiva)**

El control inhibitorio, también llamado control cognitivo, es la capacidad de refrenar impulsos o tendencias iniciales para reflexionar sobre lo que se hace; permite la independencia de estímulos externos o impulsos internos inmediatos e ir más allá de los hábitos que guían las acciones en una dirección predeterminada [5]. Los dos componentes fundamentales del control inhibitorio son el control o supresión de las interferencias y la inhibición de respuestas. El primero es la habilidad de filtrar o ignorar información irrelevante que proviene del ambiente y que, por ende, distrae de la tarea en curso. El segundo es la capacidad de inhibir respuestas automáticas y dominantes pero incorrectas [47]. Entretanto, la flexibilidad cognitiva permite adaptarse a demandas y prioridades cambiantes y alternar entre perspectivas diferentes al analizar un problema o una situación. Es necesaria, por ejemplo, para cambiar de estrategia al resolver un problema si ésta no es eficaz [5]. Avioncito es una adaptación de la tarea ‘flor-corazón’ para evaluar control inhibitorio y flexibilidad cognitiva en niños pequeños [48]. La tarea consiste en pulsar uno de dos botones de acuerdo con la figura que aparezca en pantalla y su ubicación. A diferencia de la tarea de evaluación, en la cual solo hay dos figuras y dos ubicaciones posibles, Avioncito incluye cualquier posición en pantalla y aparición de distractores, complejizando de este modo la tarea. La tarea completa incluye fases a través de las cuales cambian las condiciones de presentación del tipo de estímulos, aumentando progresivamente la dificultad de las demandas de control inhibitorio. La última, y mayormente predominante en el juego de entrenamiento, agrega además el componente de flexibilidad cognitiva. La idea básica del juego Avioncito es que el niño debe identificar en qué dirección (izquierda o derecha) vuela el avión y dar una

respuesta de acuerdo al color de éste lo más rápido posible, antes que se termine el breve tiempo asignado al ensayo (ver figura 3). En los primeros niveles, el avión es de color amarillo y la respuesta es correcta si se indica para qué lado vuela el avión. Este tipo de condición se denomina *congruente*, la respuesta correcta es automática o preponderante y no requiere un esfuerzo cognitivo alto. Una vez sorteados los primeros niveles, el avión pasa a ser rojo y los niños deben indicar la dirección contraria a la que vuela el avión. En este caso se trata de una condición *incongruente* que requiere suprimir la respuesta automática para ofrecer una respuesta subdominante, es decir, requiere *control inhibitorio*. Las pantallas con los aviones rojos son más difíciles, constatándose mayores tiempos de respuesta y una tasa de error más alta [49]. Más adelante, los aviones amarillos y rojos aparecen intercalados de forma pseudoaleatoria. En esta fase del juego se deben recordar las dos reglas (la regla para el avión amarillo y la regla para el avión rojo). Más importante aún, es imprescindible tener *flexibilidad cognitiva* para cambiar de regla entre ensayos y aplicar la correspondiente para ganar cada pantalla. Hacia el final del juego, los aviones pueden aparecer “dados vuelta” (figura 3D). En ese caso, hay que aplicar la regla opuesta a la aprendida, tornándose en una tarea de *reversal learning*. Finalmente, otros dos elementos adicionales aumentan la dificultad de los niveles: pueden aparecer elementos distractores en la pantalla, que requieren la supresión de la información irrelevante (figura 3C), y el tiempo disponible para ejecutar la respuesta va disminuyendo. Los investigadores pueden seleccionar la cantidad de *vidas* disponibles en el juego (de 3 a 8, dependiendo de la edad de los niños). Una vez que se pierden todas, se vuelve a comenzar desde el inicio. También se puede seleccionar a partir de qué ensayo aparecen distractores y la ventana de tiempo disponible para ejecutar la respuesta.

##### **Memomarote y n-back (memoria de trabajo)**

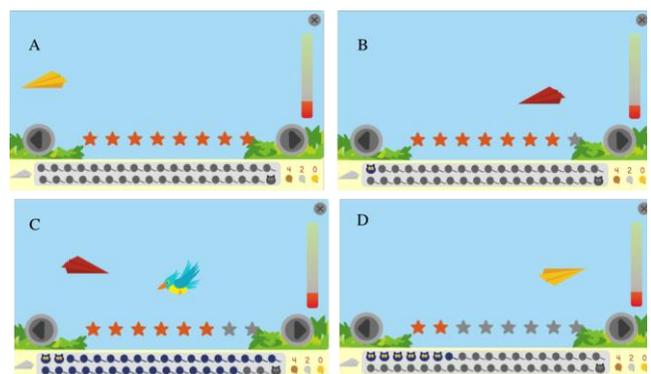


Figura 3. Juegos para estimular la memoria de trabajo. Memomarote en la parte superior (A y B) y n-back en la inferior (C y D). En Memomarote, el fichero puede contener entre 2 y 35 cartas con diseños complejos y varias dimensiones que pueden usarse para categorizarlas (presencia o ausencia de personajes, color y forma del fondo, entre otros). A) El juego comienza con el tablero de la izquierda, en dónde el jugador elige la carta que desee. B) Una vez seleccionada esa carta, todas desaparecen y vuelven a aparecer en otro sitio. El jugador debe seleccionar una carta que no haya sido elegida previamente. En n-back, el jugador debe comparar la imagen que ve con la que vio n veces antes y decidir si es igual (marcando el botón con forma de tilde) o diferente (con el botón en forma de cruz). En el ejemplo mostrado, si n=1 y C aparece inmediatamente antes que D, en el ensayo en el que aparece la imagen de la bicicleta la respuesta correcta es la cruz.

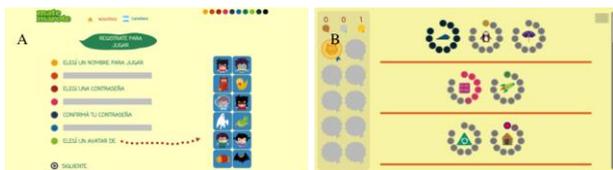


Figura 2. Capturas de pantallas de la plataforma Mate Marote. El diseño gráfico del sitio, los personajes y otros elementos es atractivo para el público infantil. A) Pantalla en la que el usuario (o un adulto responsable) elige su nombre de jugador y su avatar. B) Pantalla principal. Los juegos se ubican en estantes que pueden o no estar habilitados en simultáneo. Los círculos coloreados alrededor de cada ícono muestran el progreso en cada juego. A la izquierda aparece el medallero con las monedas acumuladas por el jugador.

La memoria de trabajo es la habilidad que permite mantener activa y manipular información en la mente. El modelo más aceptado postula dos modalidades de memoria de trabajo: visuoespacial y verbal [50]. La MT es crítica para comprender el lenguaje oral y escrito, para poder realizar operaciones matemáticas mentalmente y para transformar instrucciones en acciones. Gracias a la memoria de trabajo es posible reordenar elementos, relacionarlos, compararlos, disgregarlos en sus partes constitutivas y analizarlos [51]. Mate Marote cuenta con dos juegos para entrenar este proceso (ver figura 4). Uno de ellos, Memomarote, se basa en una tarea de tipo *Self-Ordered Pointing* que requiere memoria de trabajo visual pero no espacial [52]. Cada nivel consiste en un tablero con fichas que se caracterizan por presentar estímulos visuales complejos categorizables en varias dimensiones. Se requieren tantas jugadas como fichas hay en el tablero para ganar el nivel. El objetivo del juego es seleccionar, en el orden que el participante desee, cada una de las fichas. Sin embargo, cada vez que se toca o se clikea sobre una de las imágenes, todas ellas desaparecen y aparecen reordenadas en el tablero (figura 4A y 4B). En cada jugada el niño debe seleccionar una ficha que no haya seleccionado previamente. Para números pequeños de fichas los niños pueden, simplemente, intentar recordar cuáles seleccionaron o cuáles falta seleccionar. Sin embargo, cuando el número de fichas excede el límite de ítems procesables por la memoria de trabajo, los niños deben aprender otra estrategia (por ejemplo, agrupar, ordenar) para poder resolver el problema [53].

El otro juego para entrenar memoria de trabajo es una tarea tipo *n-back* [54], una de las tareas más usuales en el entrenamiento de este proceso. El objetivo del juego es decidir si el estímulo que se presenta es igual al que se presentó *n* estímulos antes. Así, cuando  $n=1$ , se debe definir si el estímulo que se ve en ese momento es igual al que se vio inmediatamente antes. Si  $n=2$ , se lo debe comparar con la imagen que se vio *n* veces antes (ver figuras 3C y 3D). En ambos juegos, la cantidad de ítems que

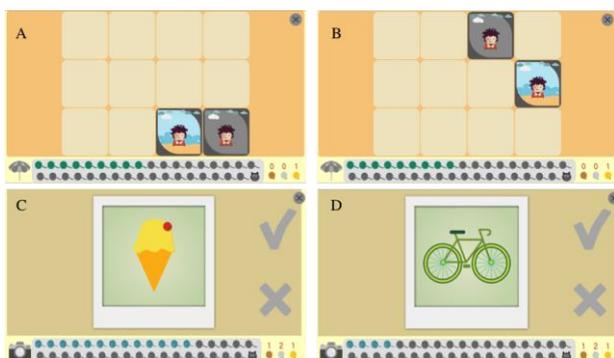


Figura 4. Juegos para estimular la memoria de trabajo. Memomarote en la parte superior (A y B) y *n-back* en la inferior (C y D). En Memomarote, el fichero puede contener entre 2 y 35 cartas con diseños complejos y varias dimensiones que pueden usarse para categorizarlas (presencia o ausencia de personajes, color y forma del fondo, entre otros). A) El juego comienza con el tablero de la izquierda, en dónde el jugador elige la carta que desee. B) Una vez seleccionada esa carta, todas desaparecen y vuelven a aparecer en otro sitio. El jugador debe seleccionar una carta que no haya sido elegida previamente. En *n-back*, el jugador debe comparar la imagen que ve con la que vio *n* veces antes y decidir si es igual (marcando el botón con forma de tilde) o diferente (con el botón en forma de cruz). En el ejemplo mostrado, si  $n=1$  y C aparece inmediatamente antes que D, en el ensayo en el que aparece la imagen de la bicicleta la respuesta correcta es la cruz.

se deben recordar se adecua al nivel de éxito del niño.

#### Casitas (planificación)

La planificación comprende el proceso de formulación, evaluación y selección de una secuencia de pensamientos y acciones para alcanzar una meta. Puede por lo tanto entenderse como la habilidad de anticiparse mentalmente a la estrategia más eficaz y efectiva de lograr un objetivo. Para ello es necesario combinar un número discreto de pasos en un plan de acción y ejecutar cada paso en el orden correcto [55]. Casitas, el juego que estimula la capacidad de planificación, es un juego basado en la tarea *dog-cat-mouse* [56] y utiliza un tablero compuesto por tres casas (cada una perteneciente a cada personaje de Mate Marote), un espacio vacío y caminos que conectan estos lugares (figura 5A). El objetivo es llevar a cada personaje a su casa en la mínima cantidad posible de movimientos. Los personajes pueden moverse de a uno, a lo largo de los caminos, deben completar el recorrido (no es válido dejar un personaje a 'mitad de camino') y solo puede haber un personaje en cada posición. El juego presenta un amplio rango de niveles de dificultad que varía de forma no monótona con el número mínimo de movimientos requeridos para completar exitosamente la jugada, tal como se muestra en [31]. En los niveles iniciales se le indica al niño el número de movimientos requeridos para ganar, que aumentan, de forma gradual o aleatoria, de uno a siete. En los niveles más avanzados, el niño debe descubrir por sí mismo cuál es la mínima cantidad de movimientos apropiados para cada pantalla. Al igual que en los juegos de MT, el avance en dificultad al que se enfrenta el niño es predeterminado por los investigadores de acuerdo al número de aciertos y errores en la resolución de los ensayos.

#### Fábrica de chocolates (razonamiento lógico)

Razonar es el proceso mediante el cual se extraen conclusiones o se realizan inferencias lógicas de forma inductiva o deductiva a partir de la información recibida del ambiente. Esta actividad puede ser llevada a cabo con diferentes niveles de conciencia, puede desarrollarse tanto en forma tácita o implícita como de manera intencional o explícita [57]. Conforme, junto a la capacidad de resolver problemas, parte de la inteligencia fluida, un excelente predictor del desempeño académico y profesional [58]. Mate Marote incluye una versión adaptada del juego de mesa Chocolate Fix® de Think Fun Inc®. El juego cuenta con un tablero de 3x3 posiciones en el que faltan algunas piezas. El objetivo es colocar las piezas faltantes de acuerdo a sus atributos y a pistas que se brindan (figura 5B). En los niveles más sencillos, el número de piezas a colocar es bajo y la información contenida en las pistas es alta. A medida que el juego avanza, la dificultad se incrementa ya sea porque aumenta el número de fichas a colocar, disminuye la información brindada para solucionar el problema, se incorporan pistas parciales (que indican solo el color o la forma de la pieza) o una combinación de estos elementos. El progreso en la dificultad de los niveles se organiza según pautas definidas por los investigadores de acuerdo a investigaciones previas [31], [59].

## V. RESULTADOS DE INTERVENCIONES CON MATE MAROTE

Mate Marote se ha probado en varias experiencias en las que participaron niños argentinos con desarrollo típico de



Figura 5. Juegos para estimular funciones ejecutivas superiores: planificación y razonamiento lógico. A) Captura de pantalla de Casitas (planificación). Abajo a la izquierda se indica el número de movimientos en el que se debe completar la jugada. B) Captura de pantalla de Fábrica de chocolates (razonamiento lógico). En el recuadro de la izquierda aparecen una o más pistas que proveen información para colocar en el tablero las piezas faltantes, ubicadas en la parte inferior de la pantalla.

nivel inicial a tercer grado [31], [42] y, recientemente, también en niños que cursan educación inicial en Uruguay [60]. En total, hasta el momento han participado más de 500 niños de entre 5 y 10 años de edad, que acuden a escuelas públicas y privadas urbanas de variados niveles socioeconómicos (resultados en preparación).

En ambos países, y para diferentes edades y contextos socioeconómicos, hemos evaluado los efectos de intervenciones que estimulan varios procesos cognitivos: memoria de trabajo, control inhibitorio, flexibilidad cognitiva, planificación y razonamiento. Una desventaja de estos diseños es que dificulta interpretar las causas de los efectos de transferencia lejana. Sin embargo, la literatura reciente apunta a que este tipo de programas es más promisorio que los que se basan en un único dominio [26], [27]. La elección de este tipo de dinámica se sostiene entonces en que uno de nuestros propósitos es generar y validar programas de estimulación cognitiva con impacto en el quehacer diario de los niños, en particular aquellos que provienen de contextos vulnerables.

En el año 2014 publicamos los resultados de una intervención realizada con 111 escolares argentinos de ambos géneros, de 6 años de edad promedio, que asistían al primer grado de escuelas de contexto socioeconómico bajo [42]. Consistió en 9 sesiones de cada uno de tres juegos: Casitas, Avioncito y Memomarote o la misma cantidad de sesiones de juegos control. En cada sesión los niños jugaron alrededor de 10 minutos a uno de los juegos de manera individual y acompañados por un asistente de investigación que explicó las consignas y evacuó dudas en el caso que fuese necesario. El grupo control activo siguió la misma dinámica, y tanto los maestros como los asistentes se mantuvieron ‘ciegos’ a la asignación al grupo control o experimental (incluso desconocían la existencia de dos grupos diferentes). En total los participantes accedieron a todos los juegos menos de 7 horas [42]. En las sesiones pre y post intervención los niños realizaron tareas novedosas también en formato electrónico y lúdico para evaluar distintos aspectos de la transferencia a FE. Las pruebas que se incluyeron en las sesiones de evaluación fueron: *Attention Network Test* (Child-ANT [19]), una tarea tipo *stroop* flor-corazón [48], y la Torre de Londres [61]. En estas circunstancias los juegos demostraron ser eficaces en la estimulación del control inhibitorio y la flexibilidad cognitiva (menores tiempos de respuesta en los ensayos del bloque mixto de la tarea tipo *stroop* para el grupo experimental en la sesión post intervención) y algunos aspectos de la atención (específicamente en la red de

orientación evaluada con la tarea ANT). Más importante aún, los efectos del programa no se limitaron a un mejor desempeño en las FE entrenadas, sino que tuvieron un impacto más amplio: los niños con más inasistencias a clase que jugaron con Mate Marote (pero no un grupo control activo) mejoraron su rendimiento en lengua y matemática en primer grado (Por una descripción completa de los resultados, gráficas y tablas asociadas al estudio ver [42]).

Este y otros trabajos, llevados adelante con un número pequeño de participantes y en condiciones de juego supervisado o semisupervisado [60], son prometedores. No obstante, el desafío actual es lograr escalar el alcance de la plataforma a una gran cantidad de usuarios en un formato de juego no supervisado en contextos ecológicos. Un primer piloto en Argentina en laptops OLPC arrojó resultados de entrenamiento comparables a los obtenidos en condiciones de juego supervisado, si bien en este estudio no se evaluó transferencia [49]. Actualmente estamos intentando extender el alcance de la plataforma en Uruguay y Argentina. Dados los resultados consistentemente prometedores, un objetivo social sería incluirlo en currículas escolares donde los docentes pudieran integrar el uso de esta herramienta dentro del aula. Esto incluiría idealmente una pequeña capacitación docente y trabajo político-institucional para pensar la implementación y viabilidad de estas currículas de forma adecuada en nuestros países.

Se puede acceder a la plataforma en las urls [www.matemarote.edu.uy](http://www.matemarote.edu.uy) y [www.matemarote.org.ar](http://www.matemarote.org.ar) (dado que Mate Marote es un proyecto de investigación académica-tecnológica, la plataforma puede tener diferentes juegos, aspectos gráficos o no estar accesible por mantenimiento).

## VI. EL FUTURO DE MATE MAROTE

Nuestros objetivos a nivel científico incluyen evaluar la adherencia y la eficacia de distintos flujos de juego, indagar qué aspectos del entorno (expandiendo la caracterización del ambiente más allá del relacionado al nivel socioeconómico) o propios del niño (tales como el temperamento) influyen en las diferencias interindividuales de respuesta a los entrenamientos y, eventualmente, evaluar la pertinencia también en poblaciones de desarrollo atípico. Como mencionamos previamente, es poco lo que se conoce sobre la eficacia del entrenamiento cognitivo. Si bien nuestro grupo y muchos otros han probado que es posible mejorar FE con la práctica, aún es mucho lo que se desconoce: ¿Produce el mismo impacto jugar  $x$  días consecutivos a un juego que hacerlo un día durante  $x$  semanas? ¿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? ¿Jugar a varios juegos en un determinado orden produce el mismo efecto que jugarlos en el 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? ¿Qué resultados produce el entrenamiento de las FE superiores sobre los procesos básicos? ¿El entrenamiento de FE superiores transfiere al rendimiento académico?

Este tipo de preguntas sin respuesta evidencian que hacen falta estudios sistemáticos y rigurosos de, por ejemplo, distribuciones temporales de eventos de estimulación

cognitiva y del efecto del orden de los entrenamientos en esta estimulación. Estos aspectos poco explorados abren preguntas interesantes sobre el alcance y el impacto de las estimulaciones. Con su flujo de juegos dinámico y fácil de usar para un experimentador, Mate Marote se torna una herramienta versátil y simple para comenzar a responder estas preguntas y, en última instancia, poder aprovechar al máximo el potencial que tiene el entrenamiento cognitivo computacional, haciéndolo de manera individualizada de acuerdo a las necesidades de cada niño.

## VII. DISCUSIÓN

La desigualdad, uno de los principales padecimientos de América Latina [62], suele ir acompañada de altos niveles de pobreza y disminuye el impacto que puede tener el desarrollo económico en disminuirla [63]. En nuestra región la incidencia de la pobreza, en particular la infantil, continúa siendo alarmante [64]. No obstante, la desigualdad trasciende la disparidad en los ingresos económicos [65]. En Uruguay, por ejemplo, los niños de 0 a 3 años pertenecientes a los hogares de menores ingresos presentan un rendimiento descendido en pruebas estandarizadas que evalúan comunicación, motricidad fina, resolución de problemas y desarrollo socioemocional [66]. En lo que respecta al acceso a la educación, el porcentaje de niños de 3 años que accede a centros educativos es muy inferior para la población de menores ingresos. Luego, durante la etapa escolar, el nivel socioeconómico del hogar y del centro educativo se asocia con el nivel de desempeño en lengua y matemática, con la cantidad de inasistencias y con el acceso, permanencia y egreso de educación media y superior [67], [68]. Es claro entonces que la generación de estrategias y herramientas que apunten a disminuir la inequidad e igualar oportunidades desde edades tempranas es de suma importancia en nuestra región.

Debe destacarse además la profunda asimetría geográfica en la generación de conocimiento sobre desarrollo cognitivo y pobreza. La mayoría de los estudios se producen en países occidentales de altos ingresos. No obstante, es plausible que la heterogeneidad con que se manifiesta la pobreza en distintos países, sumado a componentes culturales idiosincráticos, limiten la aplicabilidad de los estudios realizados en países de altos ingresos a la región latinoamericana [69].

En este contexto surge la preocupación por generar conocimiento local y programas diseñados a medida de las características socioculturales, económicas y de infraestructura propias de los países donde se aplicarán, que apunten a promover el desarrollo cognitivo de forma económicamente viable y con un impacto social potencialmente amplio [33]. La neurociencia cognitiva educacional permite el diálogo entre la investigación básica en aspectos vinculados con el desarrollo cognitivo y la educación. Como resultado de ese diálogo surge Mate Marote, una herramienta concreta para que padres y educadores promuevan el desarrollo de habilidades mentales imprescindibles para el tránsito por el sistema educativo: control atencional, capacidad de planificación y control de respuestas impulsivas que den lugar a conductas reflexivas y adaptativas por parte de los niños.

¿Es la estimulación cognitiva computarizada una estrategia prometedora para mejorar la vida cotidiana de los niños en situaciones más vulnerables? Esta es una de las grandes preguntas del área que requiere una discusión teórica que no se ha dado con frecuencia o en profundidad [70] y que debe enmarcarse en los modelos más recientes sobre el desarrollo en general y de las FE en particular. Ya sea que se conceptualice al desarrollo como un sistema dinámico [71] o desde una perspectiva neuroconstructivista [2], [72], un problema central es cómo interactúan los genes, los aspectos ambientales y las trayectorias de desarrollo, típicas o atípicas, de distintos procesos entre sí y cómo esto es modulado por la ausencia o presencia de intervenciones para promover el desarrollo cognitivo.

A pesar de la miríada de trabajos que muestran una asociación entre el nivel socioeconómico y el desarrollo de las FE, son pocos los trabajos que evalúan de forma directa el impacto de aquel en el efecto del entrenamiento cognitivo computarizado. Un trabajo reciente apunta a que no habría relación entre estas variables [73], aunque debemos recordar que los resultados obtenidos en países desarrollados no son necesariamente trasladables a otras regiones [69].

¿Que variables pueden explicar estos resultados? La forma de caracterizar la pobreza, el grado de desarrollo de distintos procesos y las variantes genotípicas deberían ser consideradas. Por ejemplo, en niños de desarrollo típico la homocigosis de la forma larga del gen transportador de dopamina tipo 1 (DAT1) se vincula con menores dificultades en resolver tareas de conflicto atencional [20], aunque no conocemos estudios que vinculen directamente la variante genotípica de ese gen y la eficacia del entrenamiento. Por otra parte, ciertos SNPs (*Single Nucleotide Polymorphism*) en el gen para el receptor de dopamina 2 (DRD2) se asociaron a mejoras durante el entrenamiento de la MT [74].

Algunos trabajos apuntan a que el entrenamiento computarizado en poblaciones infantiles de desarrollo atípico podrían ser eficaces en disminuir los efectos de la psicopatología (revisado en [75]). Sin embargo, datos recabados en adultos apuntan a que la eficacia del entrenamiento cognitivo depende del genotipo. Así, se ha sugerido que en pacientes con esquizofrenia, aquellos con ciertas variantes del gen catechol-O-methyl transferase (COMT) son sensibles al entrenamiento cognitivo [76], aunque esta asociación ha sido cuestionada [77].

Otro escenario plausible de analizar es el de la interacción entre los procesos en desarrollo. Sodorqvist y Nutley [70] plantean que para que el entrenamiento de un proceso, por ejemplo la MT, tenga repercusiones en aspectos cognitivos más amplios, es necesario que un desarrollo disminuido de ese proceso sea el *único* cuello de botella que subyace a las conductas más generales en las que se esperan repercusiones. Dado que las conductas complejas se construyen sobre una multiplicidad de procesos básicos, es razonable esperar que intervenciones que apuntan a entrenar varias FE tengan mayor probabilidad de repercutir en aspectos conductuales amplios como el rendimiento académico.

Más aún, en relación a la transferencia lejana, se hace necesario discutir cuáles son los posibles mecanismos que la sustentan y qué aspectos metodológicos se deben considerar

para evaluarlos. Se han propuesto dos rutas que vinculan entrenamiento y rendimiento académico. La primera implica una repercusión directa en el *desempeño* en tareas relevantes. La otra posibilidad es que el entrenamiento impacte en la capacidad de *aprendizaje* [70].

Para evaluar mejoras en el *desempeño* se deben seleccionar cuidadosamente las tareas de evaluación, ya que como señalan Diamond y Ling [5] es en los escenarios en los que las demandas son elevadas que es factible encontrar los efectos positivos de la estimulación.

Por otro lado, si se desea evaluar la posibilidad de que el entrenamiento mejore la capacidad de *aprendizaje*, es decir, de la adquisición de nuevas habilidades, son otras las consideraciones metodológicas. En este caso es fundamental que 1) exista una enseñanza explícita de las habilidades que se pretende que los niños adquieran y 2) que transcurra un tiempo que permita la incorporación de tales destrezas.

¿Es Mate Marote una herramienta efectiva de entrenamiento cognitivo con consecuencias positivas en el rendimiento académico? Nuestros datos indican que en una población específica (niños y niñas de 6 años, que cursaban primer grado en escuelas de contexto socioeconómico bajo) un programa de estimulación de varios procesos logró mejorar algunos aspectos de las funciones ejecutivas, y que estos efectos se trasladaron al rendimiento en lengua y matemática para aquellos niños que menos asistían a clase. En esa experiencia, las FE en las que se encontraron beneficios de la estimulación fueron algunos componentes atencionales y de control inhibitorio [42].

Mate Marote es una herramienta prometedora para incorporar programas de estimulación cognitiva de forma sencilla, entretenida y económica en cualquier hogar o institución educativa que cuente con computadoras o tabletas. Es además útil para llevar adelante estudios que busquen aportar datos sobre cómo aspectos ambientales, personales o genéticos influyen en las diferencias interindividuales que suelen observarse en los efectos de los programas de estimulación. La plataforma es, a diferencia de programas similares disponibles en el mercado, una herramienta libre, de código abierto y con evaluación de impacto para estimular aspectos cognitivos claves en el desarrollo. Cabe destacar que hasta el momento los datos publicados por nuestro grupo se refieren a experiencias controladas y supervisadas en las que participaron niños de trayectorias de desarrollo típico. En este escenario, los juegos logran fomentar el desarrollo de habilidades mentales esenciales para aprender y que tienen un impacto en los logros académicos de niños que crecen en contextos vulnerables.

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, en particular en países que cuentan con programas que facilitan una computadora, laptop o tableta a cada estudiante.

Este trabajo fue financiado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) de la Universidad de la República, Uruguay, la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) y la Fundación Ceibal, Uruguay, el CONICET y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva de la Argentina a través de la Fundación Sadosky. Las autoras también desean agradecer a Paula Abramovich por los diseños gráfico y al resto del equipo de Mate Marote: Laouen Belloli, Melina Vladisaukas, Hernán Delgado-Vivas, Diego Fernández Slezak, Paula Abramovich, Sebastián Lipina y Mariano Sigman.

#### BIBLIOGRAFÍA

- [1] G. Gottlieb and R. Lickliter, "Probabilistic epigenesis," *Dev. Sci.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–11, 2007.
- [2] T. M. Dekker and A. Karmiloff-Smith, "The dynamics of ontogeny: A neuroconstructivist perspective on genes, brains, cognition and behavior.," *Prog. Brain Res.*, vol. 189, pp. 23–33, 2011.
- [3] U. Bronfenbrenner, "Ecological models of human development," *Readings on the development of children*, vol. 3, pp. 37–43, 1994.
- [4] D. A. Hackman, M. J. Farah, and M. J. Meaney, "Socioeconomic status and the brain: Mechanistic insights from human and animal research," *Neuroscience*, vol. 11, no. September, pp. 651–659, 2010.
- [5] A. Diamond and D. S. Ling, "Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not," *Dev. Cogn. Neurosci.*, vol. 18, pp. 34–48, 2016.
- [6] C. Blair and R. Razza, "Relating Effortful Control, Executive Function, and False Belief Understanding to Emerging Math and Literacy Ability in Kindergarten," *Source Child Dev. Child Dev.*, vol. 78, no. 2, pp. 647–663, 2007.
- [7] L. L. Brock, S. E. Rimm-Kaufman, L. Nathanson, and K. J. Grimm, "The contributions of 'hot' and 'cool' executive function to children's academic achievement, learning-related behaviors, and engagement in kindergarten," *Early Child. Res. Q.*, vol. 24, no. 3, pp. 337–349, 2009.
- [8] M. S. Burrage, C. C. Ponitz, E. A. McCreedy, P. Shah, B. C. Sims, A. M. Jewkes, and F. J. Morrison, "Age- and schooling related effects on executive functions in young children: A natural experiment," *Child Neuropsychol.*, vol. 14, no. January 2015, pp. 510–524, 2008.
- [9] F. J. Morrison, C. C. Ponitz, and M. M. McClelland, "Self-regulation and academic achievement in the transition to school," in *Child Development at the Intersection of Emotion and Cognition*, S. D. Calkins and M. A. Bell, Eds. American Psychological Association, 2010, pp. 203–224.
- [10] P. Viterbori, M. C. Usai, L. Traverso, and V. De Franchis, "How preschool executive functioning predicts several aspects of math achievement in Grades 1 and 3: A longitudinal study.," *J. Exp. Child Psychol.*, vol. 140, pp. 38–55, 2015.
- [11] L. Engelhardt, E. D. A. Briley, F. D. Mann, K. P. Harden, and M. Elliot, "Genes Unite Executive Functions in Childhood," *Psychol. Sci.*, vol. 26, no. 8, pp. 1151–1163, 2015.
- [12] G. M. Lawson and M. J. Farah, "Executive function as a mediator between SES and academic achievement throughout childhood," *Int. J. Behav. Dev.*, vol. 41, no. 1, pp. 91–104, 2017.
- [13] D. Pnevmatikos and I. Trikkaliotis, "Journal of Experimental Child Intraindividual differences in executive functions during childhood: The role of emotions," *J. Exp. Child Psychol.*, vol. 115, no. 2, pp. 245–261, 2013.
- [14] A. Diamond, "Activities and Programs That Improve Children's Executive Functions," *Curr. Dir. Psychol. Sci.*, vol. 21, no. 5, pp. 335–341, 2012.
- [15] A. Diamond, W. S. Barnett, J. Thomas, and S. Munro, "Preschool program improves cognitive control.," *Science*, vol. 318, no. 5855, pp. 1387–8, 2007.
- [16] T. R. Sasser, K. L. Bierman, B. Heinrichs, and R. L. Nix, "Preschool Intervention Can Promote Sustained Growth in the Executive- Function Skills of Children Exhibiting Early Deficits," *Psychol. Sci.*, vol. 28, no. 12, pp. 1719–1730, 2017.

- [17] J. Au, E. Sheehan, N. Tsai, G. J. Duncan, M. Buschkuhl, and S. M. Jaeggi, "Improving fluid intelligence with training on working memory: a meta-analysis," *Psychon. Bull. Rev.*, vol. 22, no. 2, pp. 366–77, 2015.
- [18] S. M. Jaeggi, M. Buschkuhl, J. Jonides, and W. J. Perrig, "Improving fluid intelligence with training on working memory," *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 105, no. 19, pp. 6829–6833, 2008.
- [19] M. R. Rueda, J. Fan, B. D. McCandliss, J. D. Halparin, D. B. Gruber, L. P. Lercari, and M. I. Posner, "Development of attentional networks in childhood," *Neuropsychologia*, vol. 42, no. 8, pp. 1029–1040, 2004.
- [20] M. R. Rueda, M. K. Rothbart, B. D. Mccandliss, L. Saccomanno, and M. I. Posner, "Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention," pp. 2–7, 2005.
- [21] "Cogmed." [Online]. Available: <https://www.cogmed.com/>. [Accessed: 23-Dec-2017].
- [22] "Focus pocus." [Online]. Available: <http://neurocog.com.au/products/focus-pocus/>. [Accessed: 23-Dec-2017].
- [23] S. J. Johnstone, S. J. Roodenrys, K. Johnson, R. Bonfield, and S. J. Bennett, "Game-based combined cognitive and neurofeedback training using focus pocus reduces symptom severity in children with diagnosed AD/HD and subclinical AD/HD," *Int. J. Psychophysiol.*, 2017.
- [24] S. M. Jaeggi, J. Karbach, and T. Strobach, "Editorial Special Topic: Enhancing Brain and Cognition Through Cognitive Training," *J. Cogn. Enhanc.*, 2017.
- [25] G. Sala and F. Gobet, "Working memory training in typically developing children: A meta-analysis of the available evidence," *Dev. Psychol.*, vol. 53, no. 4, pp. 671–685, 2017.
- [26] M. R. Rueda, P. Checa, and L. M. Cómbita, "Enhanced efficiency of the executive attention network after training in preschool children: Immediate changes and effects after two months," *Dev. Cogn. Neurosci.*, vol. 2, no. SUPPL. 1, pp. S192–S204, 2012.
- [27] S. Cortese, M. Ferrin, D. Brandeis, B. Jan, D. Daley, R. W. Dittmann, M. Holtmann, P. Santosh, J. Stevenson, A. Stringaris, A. Zudda, and E. J. Sonuga-Barke, "Cognitive Training for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Meta-Analysis of Clinical and Neuropsychological Outcomes From Randomized Controlled Trials," *J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry*, vol. 54, no. 3, pp. 164–174, 2015.
- [28] F. Buttelmann, J. Karbach, and C. C. Von Bastian, "Development and Plasticity of Cognitive Flexibility in Early and Middle Childhood," *Front. Psychol.*, vol. 8, pp. 1–6, 2017.
- [29] A. P. Mackey, S. S. Hill, S. I. Stone, and S. A. Bunge, "Differential effects of reasoning and speed training in children," *Dev. Sci.*, vol. 14, no. 3, pp. 582–590, 2011.
- [30] S. Bergman Nutley, S. Söderqvist, S. Bryde, L. B. Thorell, K. Humphreys, and T. Klingberg, "Gains in fluid intelligence after training non-verbal reasoning in 4-year-old children: A controlled, randomized study," *Dev. Sci.*, vol. 14, no. 3, pp. 591–601, 2011.
- [31] A. P. Goldin, M. S. Segretin, M. Hermida, L. Paz, S. Lipina, N. Javier, and M. Sigman, "Training planning and working memory in third graders," *Mind, Brain, Educ.*, vol. 7, no. 2, pp. 136–146, 2013.
- [32] M. J. Hermida, M. S. Segretin, S. J. Lipina, S. Benarós, and J. A. Colombo, "Abordajes neurocognitivos en el estudio de la pobreza infantil: Consideraciones conceptuales y metodológicas," *Int. J. Psychol. Psychol. Ther.*, vol. 10, no. 2, pp. 205–225, 2010.
- [33] S. Ribeiro, N. B. Mota, V. da R. Fernandes, A. C. Deslandes, G. Brockington, and M. Copelli, "Physiology and assessment as low-hanging fruit for education overhaul," *Prospects*, Mar. 2017.
- [34] "One Laptop per Child." [Online]. Available: <http://one.laptop.org/>. [Accessed: 08-Jun-2017].
- [35] "Plan Ceibal." [Online]. Available: <http://www.ceibal.edu.uy/>. [Accessed: 08-Jun-2017].
- [36] A. A. Zucker and D. Light, "Laptop Programs for Students," *Science (80- )*, vol. 323, pp. 82–85, 2009.
- [37] J. D. Roche and B. D. Johnson, "Cogmed Working Memory Training Product Review," *J. Atten. Disord.*, vol. 18, no. 4, pp. 379–384, 2014.
- [38] S. Ballesteros, J. Mayas, E. Ruiz-Marquez, A. Prieto, P. Toril, L. Ponce de Leon, M. de Ceballos, and J. Reales Avilés, "Effects of Video Game Training on Behavioral and Electrophysiological Measures of Attention and Memory: Protocol for a Randomized Controlled Trial," *JMIR Res Protoc*, vol. 6, no. 1, p. e8, 2017.
- [39] P. Toril, J. Reales Avilés, J. Mayas, and S. Ballesteros, "Video Game Training Enhances Visuospatial Working Memory and Episodic Memory in Older Adults," *Front. Hum. Neurosci.*, vol. 10, p. 206, 2016.
- [40] A. P. Goldin and M. Lopez-Rosenfeld, "Estimulación de procesos cognitivos Incorporación de conocimiento neurocientífico para el desarrollo de contenido en plataformas digitales," in *Pensar las TIC desde la Ciencia Cognitiva y la Neurociencia*, 2016.
- [41] L. Belloli, M. A. Miguel, A. P. Goldin, and D. Fernández Slezak, "Mate Marote: a BigData platform for massive scale educational interventions," in *45 IAIIO, Jornadas Argentinas de Informática.*, 2016.
- [42] A. P. Goldin, M. J. Hermida, D. E. Shalom, M. Elias Costa, M. Lopez-Rosenfeld, M. S. Segretin, D. Fernández-Slezak, S. J. Lipina, and M. Sigman, "Far transfer to language and math of a short software-based gaming intervention," *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 111, no. 17, pp. 6443–8, Apr. 2014.
- [43] M. R. Rueda, M. I. Posner, and K. Mary, "The Development of Executive Attention: Contributions to the Emergence of Self-Regulation," *Dev. Neuropsychol.*, vol. 28, no. 2, pp. 573–594, 2005.
- [44] S. Dörrenbächer, P. M. Müller, J. Tröger, and J. Kray, "Dissociable effects of game elements on motivation and cognition in a task-switching training in middle childhood," *Front. Neurosci.*, vol. 5, pp. 1–22, 2014.
- [45] S. Mohammed, L. Flores, J. Deveau, R. C. Hoffing, C. Phung, C. M. Parlett, E. Sheehan, D. Lee, J. Au, M. Buschkuhl, V. Zordan, S. M. Jaeggi, and A. R. Seitz, "The Benefits and Challenges of Implementing Motivational Features to Boost Cognitive Training Outcome," pp. 491–507, 2017.
- [46] D. Dicheva, C. Dichev, G. Agre, and G. Angelova, "Gamification in Education: A Systematic Mapping Study Gamification in Education: A Systematic Mapping Study," *Educ. Technol. Soc.*, vol. 18, no. June, pp. 75–88, 2015.
- [47] S. A. Bunge, N. M. Dudukovic, M. E. Thomason, C. J. Vaidya, and J. D. E. Gabrieli, "Immature frontal lobe contributions to cognitive control in children: Evidence from fMRI," *Neuron*, vol. 33, no. 2, pp. 301–311, 2002.
- [48] M. C. Davidson, D. Amso, L. C. Anderson, and A. Diamond, "Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching," *Neuropsychologia*, vol. 44, no. 11, pp. 2037–2078, 2006.
- [49] M. Lopez-Rosenfeld, A. P. Goldin, S. Lipina, M. Sigman, and D. Fernandez Slezak, "Mate Marote: A flexible automated framework for large-scale educational interventions," *Comput. Educ.*, vol. 68, pp. 307–313, 2013.
- [50] A. D. Baddeley and G. J. Hitch, "Developments in the concept of working memory," *Neuropsychology*, vol. 8, no. 4, pp. 485–493, 1994.
- [51] A. Diamond, "Executive functions," *Annu. Rev. Psychol.*, vol. 64, pp. 135–68, 2013.
- [52] M. Petrides and B. Milner, "Deficits on subject-ordered tasks after frontal- and temporal-lobe lesions in man," *Neuropsychologia*, vol. 20, no. 3, pp. 249–262, 1982.
- [53] G. A. Miller, "The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information," *Psychol. Rev.*, vol. 63, no. 2, pp. 81–97, 1956.
- [54] W. K. Kirchner, "Age differences in short-term retention of rapidly changing information," *J. Exp. Psychol.*, vol. 55, no. 4, pp. 352–358, 1958.
- [55] A. M. Owen, "Cognitive planning in humans: Neuropsychological, neuroanatomical and neuropharmacological perspectives," *Prog. Neurobiol.*, vol. 53, no. 4, pp. 431–450, 1997.
- [56] D. (Carnegie-M. U. Klahr, "Solving problems with ambiguous subgoal ordering: preschoolers' performance," *Child Dev.*, vol. 56, pp. 940–952, 1985.
- [57] J. S. B. T. Evans and D. E. Over, *Rationality and reasoning*. Psychology Press, 1996.
- [58] C. E. Bailey, "Cognitive accuracy and intelligent executive function in the brain and in business," *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, vol. 1118, pp. 122–141, 2007.
- [59] L. Paz, A. P. Goldin, C. Diuk, and M. Sigman, "Parsing Heuristic and Forward Search in First-Graders' Game-Play Behavior," *Cogn. Sci.*, pp. 1–28, 2014.
- [60] V. Nin, H. Delgado, A. P. Goldin, D. Fernández-slezak, L. Belloli, and A. Carboni, "Executive Functions development in preschoolers from different socioeconomic backgrounds in Uruguay," in *Mind, Brain, and Education 2016 Conference*, 2016.

- [61] T. Shallice, "Specific impairments of planning," *Philos. Trans. Sci.*, vol. 298, pp. 199–209, 1982.
- [62] CEPAL, *La matriz de la desigualdad social en América Latina*. 2016.
- [63] CEPAL, *La ineficiencia de la desigualdad. Síntesis*. 2018.
- [64] R. Jolly, "Inequality: a historical issue within the United Nations System," in *World social science report, 2016: Challenging inequalities; pathways to a just world*, 2016.
- [65] World-Bank, *poverty\_WB2016.pdf*. Washington D.C.: World Bank, 2016.
- [66] W. Cabella, M. De Rosa, E. Failache, P. Fitermann, N. Katzkowics, M. Medina, J. Mila, M. Nathan, A. Nocetto, I. Pardo, I. Perazzo, G. Salas, M. C. Salmentón, C. Severi, and A. Vigorito, "Salud, nutrición y desarrollo en la primera infancia en Uruguay,," Montevideo, 2015.
- [67] INEE, "Informe sobre el estado de la educación en Uruguay 2015-2016,," Montevideo, 2017.
- [68] A. Rivas, *América Latina después de PISA. Lecciones aprendidas de la educación en siete países (2000-2015)*. Buenos Aires: CIPPEC-Natura-Instituto Natura., 2015.
- [69] S. L. Haft and F. Hoefl, "Poverty's Impact on Children's Executive Functions: Global Considerations," no. 158, pp. 69–79, 2017.
- [70] S. Söderqvist and S. B. Nutley, "Are Measures of Transfer Effects Missing the Target?," *J. Cogn. Enhanc.*, vol. 1, pp. 508–512, 2017.
- [71] L. B. Smith and E. Thelen, "Development as a dynamic system," *Trends Cogn. Sci.*, vol. 7, no. 8, pp. 343–348, 2003.
- [72] A. Karmiloff-smith, "Development itself is the key to understanding developmental disorders," *Trends Cogn. Sci.*, vol. 2, no. 10, pp. 389–398, 1998.
- [73] B. Katz and P. Shah, "The role of child socioeconomic status in cognitive training outcomes," *J. Appl. Dev. Psychol.*, vol. 53, no. October, pp. 139–150, 2017.
- [74] S. Söderqvist, H. Matsson, M. Peyrard-janvid, J. Kere, and T. Klingberg, "Polymorphisms in the Dopamine Receptor 2 Gene Region Influence Improvements during Working Memory Training in Children and Adolescents," *J. Cogn. Neurosci.*, vol. 26, no. 1, pp. 54–62, 2014.
- [75] M. Keshavan, S. Vinogradov, J. Rumsey, J. Sherrill, and A. Wagner, "Cognitive Training in Mental Disorders: Update and Future Directions," *Am. J. Psychiatry*, vol. 171, no. 5, pp. 510–522, 2014.
- [76] M. Bosia, M. Bechi, E. Marino, S. Anselmetti, S. Poletti, F. Cocchi, E. Smeraldi, and R. Cavallaro, "Influence of catechol-O-methyltransferase Val158Met polymorphism on neuropsychological and functional outcomes of classical rehabilitation and cognitive remediation in schizophrenia,," *Neurosci. Lett.*, vol. 417, no. 3, p. 271–274., 2007.
- [77] K. Greenwood, C. F. Hung, M. Tropeano, P. McGuffin, and T. Wykes, "No association between the catechol-O-methyltransferase (COMT) val158met polymorphism and cognitive improvement following cognitive remediation therapy (CRT) in schizophrenia,," *Neurosci. Lett.*, vol. 496, no. 2, pp. 65–69, 2011.



**Veronica Nin** es docente e investigadora en la Facultad de Psicología y miembro del Centro Interdisciplinario en Cognición para la Enseñanza y el Aprendizaje, de la Universidad de la República de Uruguay. Se doctoró en Ciencias Biológicas en el 2014 a través del Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas de Uruguay. Sus intereses incluyen educación en la primera infancia y psicología y neurobiología del desarrollo en contextos de

vulnerabilidad social.



**Andrea Goldin** es bióloga y doctora en Ciencias Fisiológicas (UBA). Investigadora del CONICET y profesora del Laboratorio de Neurociencia de la Universidad Torcuato Di Tella. Sus intereses incluyen la neurociencia, la educación y la divulgación científica. Es miembro de la Asociación Civil Expedición Ciencia, dedicada a la enseñanza informal de las ciencias.



**Alejandra Carboni** es directora del Centro de Investigación Básica en Psicología (CIBPSI), Profesora Agregada, grado 4 de la Facultad de Psicología, Udelar. Se doctoró en Neurociencias por la Universidad Complutense de Madrid en el año 2010. Su línea de investigación se centra en el estudio del neurodesarrollo en la primera infancia y en el estudio de las bases neuronales de la atención.