

Mora: matemática para jugar. Una experiencia de ciencia colectiva.

Andrés Rieznik¹, Maximiliano Suppes², Ariel Vergara², Ignacio Espino², Sabrina García Demestre³, Mariana Mac Loughlin³, Inés Zerboni⁴, Juan Manuel Garrido⁵, Pablo Gonzalez⁵, Mariela Caputo⁶, Valeria Edelztein^{7}*

¹ INCYT-INECO-CONICET, CABA, Argentina

² Erix, CABA, Argentina

³ Sin Patrón, CABA, Argentina

⁴ Desafiando la Discalculia, CABA, Argentina

⁵ El Gato y La Caja, CABA, Argentina

⁶ Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, CABA, Argentina

⁷ CEFIEC-UBA-CONICET, CABA, Argentina

valeriae@conicet.gov.ar

Introducción

Usualmente, la investigación de las facultades cognitivas humanas involucra grupos homogéneos y pequeños de voluntarios en un entorno controlado [1]. Los costos y la logística limitan el tamaño de las poblaciones de estudio y, por tanto, las preguntas experimentales que pueden abordarse. En este sentido, los teléfonos inteligentes presentan una oportunidad única para recopilar datos a gran escala: son herramientas masivas, portátiles, de uso sencillo y similares para cada usuario. Además, ofrecen una alta resolución espacial y temporal -del orden de milisegundos- para la visualización de estímulos y respuestas de pantalla táctil [1-4]. Gracias a ellos se han podido replicar experimentos conocidos y ampliar análisis previos. Pero su potencialidad es mucho mayor porque el trabajo a escala realmente masiva permite detectar fenómenos nuevos emergentes que, hasta el momento, pasaban desapercibidos en investigaciones reducidas [1,4,5]. Esta posibilidad es realmente la piedra angular del interés que suscitan en las investigaciones en ciencias cognitivas.

La discalculia -una dificultad desproporcionada en el aprendizaje de matemática a pesar de un desarrollo cognitivo normal- afecta a entre el 3 y el 6% de la población. Está muy pobremente diagnosticada e influye muy negativamente en el desempeño escolar y laboral a largo plazo [6]. Contar con una herramienta para la identificación de marcadores asociados a este trastorno permitiría asistir a un diagnóstico temprano y orientar a docentes y familiares en la elección de intervenciones efectivas. Pero, dado que es necesario medir efectos pequeños, se requeriría recabar una gran cantidad de datos.

Desde hace varios años, los proyectos de ciencia abierta han aprovechado la voluntad de usuarios de Internet para analizar datos complejos contribuyendo a la alfabetización científica y al compromiso con la ciencia de los ciudadanos [7].

En este contexto, nace Mora, una aplicación para celulares con sistema Android orientada a estudiantes del primer ciclo de escuela primaria (6 a 8 años) que busca motivar la práctica de habilidades de aritmética básica a través de una aproximación

lúdica, usando mecánicas de videojuego y distintas técnicas de gamificación tanto en su narrativa como en su interfaz visual. Está inspirada en Moravec, la versión para adultos desarrollada en 2016 [5].

Objetivos

La intención final con Mora es lograr, a la vez, un juego para entrenamiento de habilidades matemáticas y una herramienta de investigación que, a través de un proceso de ciencia colectiva, permita identificar marcadores asociados a discalculia. Los objetivos específicos de esta primera etapa de implementación fueron motivar a niños y niñas en la práctica de las habilidades de aritmética y analizar cómo influye el entrenamiento de dichas habilidades en el tiempo de respuesta y el porcentaje de aciertos.

Características de Mora

Mora consta de un total de 72 niveles: ocho planetas, cada uno con tres misiones, cada una con tres episodios, con dificultad creciente. Fue lanzada el 1 de marzo de 2021 y descargada más de mil veces durante las dos primeras semanas.

A lo largo del juego, cada participante viaja en una nave junto a su copilota Mora, una inteligencia artificial, con el objetivo de conquistar el Sistema Solar mediante la resolución de cuentas y ejercicios matemáticos (Figura 1).



Figura 1. Ejemplos de pantallas de la aplicación Mora.

Resultados y discusión

En un lapso de diez días desde su lanzamiento, se recabaron 431.450 cuentas hechas por 2043 niños y niñas de entre 5 y 11 años.

A partir de estos datos, se analizó qué ocurría, a medida que avanzaban en el juego, con la performance -tasa de aciertos- y los tiempos de respuesta -lapso transcurrido entre que se presenta el estímulo visual y se da la respuesta final- en una determinada operación.

Como primera aproximación, se estudió el caso de las sumas de dos números de un dígito, que se entrena durante los primeros 12 niveles de Mora. En la Figura 2 se observa que no solo la performance de los y las niñas mejora apreciablemente -pasan de responder correctamente el 52% de las preguntas en el nivel 1 al 95% en el nivel 12- sino que el tiempo de respuesta disminuye significativamente -de 3300 milisegundos a 2600 milisegundos. Es decir que contestan las preguntas mejor y más velozmente a medida que avanzan en el juego.

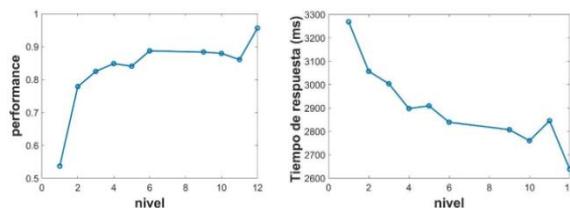


Figura 2. Performance y tiempo de respuesta de los niveles 1 a 12 para todos los participantes.

El poder medir tiempos de respuesta con precisión de milisegundos permite estudiar efectos sutiles pero muy informativos sobre el desarrollo de habilidades aritméticas. En particular, hay dos momentos de transición en la adquisición de estas habilidades: (1) cuando los y las niñas “descubren” que es más fácil sumar si se usa como base el mayor de los sumandos y a ese número se le agrega el menor -y a partir de ese momento, el tiempo de respuesta de una suma pasa a ser proporcional al menor de los sumandos; (2) cuando las sumas sencillas pasan a ser parte de su repertorio memorístico - y la dependencia lineal del tiempo de respuesta con el menor de los sumandos desaparece. A partir de los datos recolectados, se estimó que entre los 5 y 6 años aparecen los tiempos de respuesta característicos de la adquisición de la estrategia (1) y, a partir de los 10 años, los de memorización (Figura 3).

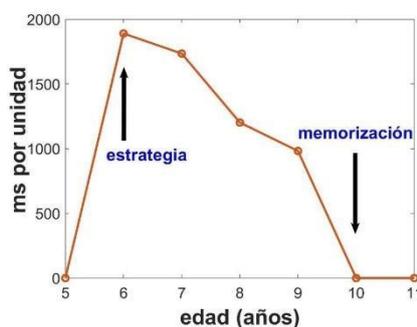


Figura 3. Pendiente de una regresión lineal usando el tiempo de respuesta como variable dependiente y el menor de los sumandos como variable independiente en función de la edad.

Conclusiones

Mora es una aplicación desarrollada para niños y niñas de 6 a 8 años con el objetivo de convertirse en una herramienta que permitiría potencialmente identificar marcadores asociados a discalculia.

Con los datos recabados hasta el momento fue posible detectar mejoras significativas en la velocidad y el porcentaje de respuestas correctas de los participantes a medida que entrenan sus habilidades aritméticas con el juego y, también, identificar dos momentos claves de transición en la adquisición de dichas habilidades.

Entender el desarrollo normal en el aprendizaje de la matemática es fundamental para detectar señales de alarma y realizar intervenciones tempranas para prevenir dificultades futuras.

Referencias

- [1] S. Dufau et al., "Smart phone, smart science: how the use of smartphones can revolutionize research in cognitive science". *PloS One*, vol. 6, no. 9:e24974, 2011.
- [2] M.I. Posner, *Chronometric explorations of mind*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1978.
- [3] H.R. Brown et al., "Crowdsourcing for Cognitive Science–The Utility of Smartphones". *PloS One*, vol. 9, no. 7:e100662, 2014.
- [4] J.K., Hartshorne, J.B. Tenenbaum, S. Pinker, "A critical period for second language acquisition: evidence from 2/3 million English speakers". *Cognition*, vol. 177, pp. 263-277, 2018.
- [5] F. Zimmerman et al., "Arithmetic on Your Phone: A Large Scale Investigation of Simple Additions and Multiplications". *PloS One*, vol. 11, no. 12: e0168431, 2016.
- [6] N. Soares, T. Evans, D.R. Patel, "Specific learning disability in mathematics: a comprehensive review". *Transl Pediatr.*, vol. 7, no. 1, pp. 48-62, 2018.
- [7] R. Bonney et al. "Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy". *BioScience*, vol. 59, no. 11, pp. 977-984, 2009.



Mora: matemática para jugar

Una experiencia de ciencia colectiva

Andrés Rieznik¹, Maximiliano Suppes², Ariel Vergara², Ignacio Espino², Sabrina García Demestre³, Mariana Mac Loughlin³, Inés Zerboni⁴, Juan Manuel Garrido⁵, Pablo Gonzalez⁵, Mariela Caputo⁶, **Valeria Edelsztein**^{7*}

¹INCYT-INECO-CONICET- ²Eryx - ³Sin Patrón - ⁴Desafiando la Discalculia - ⁵El Gato y La Caja - ⁶Facultad de Medicina-UBA - ⁷CEFIEC-UBA-CONICET

*E-mail: valeriae@conicet.gov.ar

¿QUÉ ES MORA?

Mora es una **aplicación para celulares** con sistema Android orientada a **niños y niñas de 6 a 8 años**. A lo largo del juego, cada participante viaja en una nave junto a su copilota Mora, una inteligencia artificial, con el objetivo de conquistar el Sistema Solar mediante la **resolución de cuentas y ejercicios matemáticos**.

Consta de un total de **72 niveles**: ocho planetas, cada uno con tres misiones, cada una con tres episodios, con dificultad creciente.



¿CUÁL ES EL OBJETIVO DE MORA?

Con Mora, buscamos **motivar la práctica de habilidades de aritmética básica** a través de una aproximación lúdica, usando mecánicas de videojuego y distintas técnicas de gamificación tanto en su narrativa como en su interfaz visual y, a su vez, desarrollar una **herramienta de investigación** que, a través de un proceso de ciencia colectiva, nos permita **identificar marcadores asociados a discalculia**.

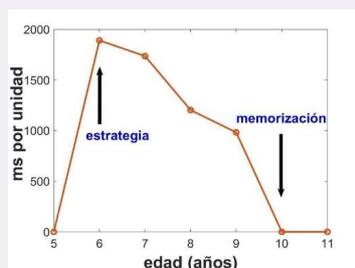
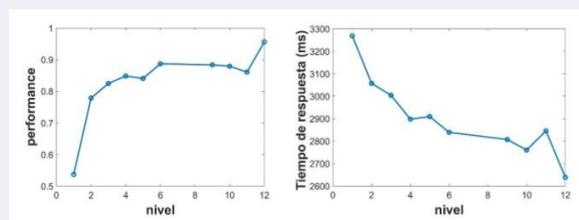
Los **objetivos específicos** de esta primera etapa de implementación fueron, además de promover la motivación de niños y niñas, analizar cómo influye el **entrenamiento** de habilidades de aritmética básica en el tiempo de respuesta y el porcentaje de aciertos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mora fue lanzada el 1 de marzo de 2021 y descargada más de mil veces durante las dos primeras semanas. En un lapso de diez días desde su lanzamiento, se recabaron **431.450 cuentas hechas por 2043 niños y niñas de entre 5 y 11 años**.

A partir de estos datos, se analizó qué ocurría, a medida que avanzaban en el juego, con la **performance** -tasa de aciertos- y los **tiempos de respuesta** -lapso transcurrido entre que se presenta el estímulo visual y se da la respuesta final- en una determinada operación.

Como primera aproximación, se estudió el caso de las **sumas de dos números de un dígito**, que se entrena durante los primeros 12 niveles de Mora. Se observó que la performance mejora apreciablemente -pasan de responder correctamente el 52% de las preguntas en el nivel 1 al 95% en el nivel 12- y que el tiempo de respuesta disminuye significativamente -de 3300 milisegundos a 2600 milisegundos. Es decir que **contestan las preguntas mejor y más velozmente a medida que avanzan en el juego**.



En segundo lugar, se estudiaron **dos momentos claves en la adquisición de habilidades aritméticas**: (1) cuando los y las niñas "descubren" que es más fácil sumar si se usa como base el mayor de los sumandos y a ese número se le agrega el menor -y a partir de ese momento, **el tiempo de respuesta de una suma pasa a ser proporcional al menor de los sumandos**; (2) cuando las sumas sencillas pasan a ser parte de su repertorio memorístico -y **la dependencia lineal del tiempo de respuesta con el menor de los sumandos desaparece**. A partir de los datos recolectados, se estimó que entre los 5 y 6 años aparecen los tiempos de respuesta característicos de la adquisición de la estrategia (1) y, a partir de los 10 años, los de memorización.

CONCLUSIONES

Con los datos recabados hasta el momento fue posible detectar **mejoras significativas en la velocidad y el porcentaje de respuestas correctas** de los participantes a medida que entrenan sus habilidades aritméticas con el juego y, también, identificar dos **momentos claves de transición** en la adquisición de dichas habilidades.

Entender el desarrollo normal en el aprendizaje de la matemática es fundamental para detectar señales de alarma y 48 realizar intervenciones tempranas para prevenir dificultades futuras.