

## *Diseño de una evaluación digitalizada de predictores de las dificultades lectoras*

Autores:

Camila Zugarramurdi (UY), Lucía Fernández (UY), Marie Lallier (ES)

Co-dirección: Manuel Carreiras (ES) y Juan C. Valle Lisboa (UY)

### **1. Resumen de la propuesta de Investigación**

El presente proyecto se enfocó en implementar una batería digitalizada de tareas que permitiera evaluar predictores de dificultades en la lectura. Se basa, por un lado, en aportes ya clásicos de la Psicología Cognitiva y por otro en teorías recientes de la Neurociencia Cognitiva. Los aportes clásicos indican que es posible predecir dificultades en la lectura previamente a la instrucción lectora, principalmente a través de la evaluación de tres variables cognitivas: la conciencia fonológica, el conocimiento de las letras y la denominación rápida automatizada. Las evidencias provenientes de las Neurociencias Cognitivas sugieren que algunas de las dificultades en la lectura pueden explicarse por un pobre acoplamiento entre oscilaciones cerebrales y el ritmo presente en el lenguaje hablado, y que este acoplamiento puede ser medido comportamentalmente. Partiendo de esta base, nos planteamos la realización de un estudio longitudinal en dos tiempos que mida el desarrollo de estos constructos, previamente a la instrucción lectora y lo vincule con el desempeño lector 18 meses más tarde. El proyecto financiado por el Fondo Sectorial de Educación, consistió en la primer fase del estudio. La digitalización de la batería de tareas hace posible crear una interfaz lúdica para los niños y una evaluación sistemática, masiva y semiautomatizada. En el proyecto generamos la batería, incluyendo su diseño y programación, y realizamos la aplicación a una muestra del orden de 600 niños de inicial cinco años. Asimismo y de forma complementaria realizamos estudios neurobiológicos en una submuestra para corroborar la hipótesis de la Neurociencia Cognitiva. Los datos obtenidos nos permiten seleccionar las variables para la construcción del modelo predictivo, cuya validación externa se realizará en un proyecto subsiguiente.

### **2. Introducción**

La adquisición de la lectura es un proceso multicomponente que depende para un desarrollo exitoso de diversas competencias (Wolf & Katzir-Cohen, 2001). Tanto los paradigmas basados en las habilidades pre-existentes (Elkind, 1987) como el paradigma de alfabetización emergente (Whitehurst & Lonigan, 1998), suponen la existencia de un conjunto de habilidades y conocimientos que se desarrollan tempranamente previo a la

adquisición e instrucción de la lectura y que pueden usarse como predictores del desempeño lector. Dentro de estas habilidades las más destacadas son el conocimiento de las letras, el vocabulario, la denominación rápida automatizada (Norton & Wolf, 2012) y habilidades fonológicas que incluyen la conciencia fonológica (Elbro, 1996) y la memoria fonológica de corto plazo (Baddeley, 2003). Respecto al rol de la fonología, sin embargo, se observan diferencias en cuanto a la jerarquía de los subcomponentes del procesamiento fonológico y a su dinámica a lo largo del proceso de adquisición de la lectura. Una de las principales fuentes de divergencia proviene de las características ortográficas de la lengua de estudio (Frost, 2012; Lallier, Acha, & Carreiras, 2015). La ortografía de las lenguas puede clasificarse en un continuo desde transparentes a opacas dependiendo de la consistencia en el mapeo entre grafemas y fonemas. La ortografía del español se encuentra en el extremo transparente, ya que el sonido de las letras es estable e independiente del contexto en el que se encuentren. En inglés sin embargo, el sonido de las letras varía ampliamente según el contexto, lo que la vuelve una ortografía opaca. Para ortografías transparentes, la decodificación - el proceso activo por el cual se mapea la ortografía y la fonología y que permite identificar palabras- suele desarrollarse de manera exitosa tempranamente, mientras que para ortografías opacas el proceso es más lento (Georgiou, Parrila, & Papadopoulos, 2008). Esto impone restricciones sobre el desarrollo de las distintas competencias necesarias para la adquisición de la lectura. En español se observa que los problemas tempranos de lectura tienen que ver con velocidad de lectura, siendo que en general los niños pueden lograr un alto grado de precisión hacia el final de los 5 años (Defior, Martos, & Cary, 2002). Estas diferencias lingüísticas motivan estudios específicos para cada lengua de modo de identificar las trayectorias particulares de la lengua en el logro de la fluidez lectora. Sin embargo, los estudios en población de habla hispana sobre adquisición de la lectura y sus precursores son muy escasos (Anthony et al., 2006; Guardia Gutiérrez, 2003).

Si bien el estudio de precursores de la lectura es de larga data, el conocimiento de sus bases neurales es aún escaso. En los últimos años evidencias provenientes de la neurofisiología del reconocimiento del lenguaje hablado han arrojado datos novedosos y promisorios por su poder explicativo. Los resultados sugieren que el déficit fonológico observado en la llamada dislexia del desarrollo podría explicarse como un acoplamiento impreciso entre oscilaciones cerebrales y lenguaje hablado, lo que deriva en representaciones fonológicas pobremente especificadas (Goswami, 2011; Stanovich, 1986). En niños en edad pre-escolar, la precisión temporal de esta sincronización medida a través de un electroencefalograma está correlacionada con su puntaje en tareas de conciencia fonológica, memoria fonológica de corto plazo y nominación automatizada rápida, los principales predictores del desempeño lector (Woodruff Carr, White-Schwoch, Tierney, Strait, & Kraus, 2014). Las oscilaciones de la actividad eléctrica cerebral también han sido utilizadas para explicar déficits visuales de la lectura que, aunque menos predominantes que los déficits fonológicos, cobran importancia al momento de detectar tempranamente dificultades en el desempeño lector y desarrollar remediaciones específicas. La hipótesis del *span* atencional-visual de dislexia postula que las dificultades en la decodificación provienen de la incapacidad de asignar recursos atencionales a los

niveles apropiados de procesamiento ortográfico y de su dinámica espacial. Esto es, es necesario en primer lugar situar el foco atencional en un conjunto de letras (3 o 4) y luego poder rápidamente mover el foco atencional al siguiente conjunto de letras (attentional shifting). La distribución espacial y temporal de este proceso coincide también con la oscilaciones cerebrales en el rango del gamma lento, lo que podría explicar que dificultades en la sincronización de gamma (30-80 Hz) produzcan dificultades en el reconocimiento ortográfico, sin necesidad de apelar a déficits al nivel de representaciones fonológicas (Vidyasagar, 2013).

Estas evidencias promueven el desarrollo de nuevos predictores comportamentales que reflejen la calidad de la sincronización de la actividad oscilatoria cerebral con estímulos rítmicos tanto auditivos como visuales. A los efectos de acercarse a estudiar las relaciones de causalidad de estos procesos sensoriales básicos en las patologías de la lectura, y en ausencia de estudios experimentales, es preciso realizar estudios longitudinales que acompañen las distintas trayectorias de desarrollo (Goswami, Power, Lallier, & Facchetti, 2014). El presente proyecto se propuso iniciar un estudio longitudinal que, al tiempo que evalúa la relación entre conciencia fonológica y oscilaciones cerebrales, desarrolla tareas comportamentales que puedan funcionar como predictores específicos que permitan posteriormente la presencia de dificultades en la adquisición de la lectura y la mejor forma de remediarlas. El establecimiento de estos predictores posibilitará posteriormente intervenciones educativas bien fundadas y eficientes. En Uruguay, el acceso a grandes volúmenes de datos mediado por el Plan Ceibal (la implementación nacional del programa One Laptop per Child) es una herramienta de investigación excepcional para el testeo y desarrollo de predictores novedosos fruto de estos estudios (Stamper et al, 2012). Dado que el proyecto general requiere para su implementación de un período mayor a un año, lo que aquí se presenta es la primera parte, esto es, la confección de las tareas digitales y la toma de la primer medida. En un proyecto posterior realizaremos la segunda toma que incluirá una evaluación de la lectura.

### **3. OBJETIVOS**

#### Generales

- Avanzar en el conocimiento de las bases neurales de la adquisición de la lectura en niños en educación inicial.
- Desarrollar tareas comportamentales con la potencialidad de funcionar como predictores del desempeño lector en niños en educación inicial.

#### Específicos

- Adaptar tareas comportamentales clásicas predictoras del desempeño lector a su aplicación en tabletas.
- Diseñar nuevas tareas comportamentales predictoras del desempeño lector basadas en teorías de sincronización de oscilaciones cerebrales.
- Establecer asociaciones entre oscilaciones cerebrales y medidas que correlacionan con el desempeño lector a través del estudio psicofisiológico.

## 1. RESULTADOS ESPERADOS

En la línea del estudio longitudinal comportamental y bajo el marco de la existencia de predictores tempranos del desempeño lector, se espera que sea posible determinar qué predictores son más precisos en la identificación de dificultades de la lectura, en idioma español y en niños en educación inicial de población uruguaya. Para ello se realizará un segundo proyecto que corelacione las medidas obtenidas mediante la aplicación digital y evaluaciones independientes de la lectura.

En el presente buscamos implementar las principales tareas clásicas y no clásicas de evaluación. Esto incluye la evaluación de múltiples subcomponentes de la conciencia fonológica (a distintos niveles de granularidad como fonemas y sílabas) así como del conocimiento de letras, la denominación rápida automatizada (tanto de número como de colores) y la memoria de corto plazo. Asimismo se prevé que surjan nuevos predictores a partir de las tareas basadas en sincronización de oscilaciones cerebrales. Las evidencias neurales sobre adquisición de la lectura y sincronización de oscilaciones cerebrales son de reciente desarrollo, por lo que aún no han impactado en el campo de la detección comportamental temprana de dificultades en el desempeño lector.

Además de la identificación de predictores en la población de estudio, esperamos que las aplicaciones informáticas implementadas en las tabletas del plan ceibal permitan posteriormente diseñar herramientas para un monitoreo masivo y automatizado, aunque será necesaria la validación de estos instrumentos en una etapa posterior para lograr este objetivo. Creemos además que este modelo puede funcionar como puntapié inicial para el desarrollo de nuevas aplicaciones informáticas que permitan monitorear otras funciones cognitivas generando así una batería comprensiva de monitoreo que guíe intervenciones oportunas y específicas.

El estudio longitudinal psicofisiológico en tareas tanto auditivas como visuales, en conjunto con las medidas comportamentales arrojará datos valiosos sobre las interrelaciones causales entre medidas comportamentales y bases neurales subyacentes, lo que esperamos sea una herramienta de información más rica para la clasificación de distintos subtipos de dificultades en la adquisición de la lectura.

## 4. Metodología/diseño del estudio

Las actividades realizadas se clasifican en tres grupos: por un lado el diseño, creación y piloteo de los juegos, por otro la selección de la muestra de niños y toma de datos con las tareas digitalizadas; en última instancia la realización de una toma de datos electrofisiológicos. El primer grupo incluyó rondas de re-evaluación durante el piloto a los efectos de perfeccionar las aplicaciones.

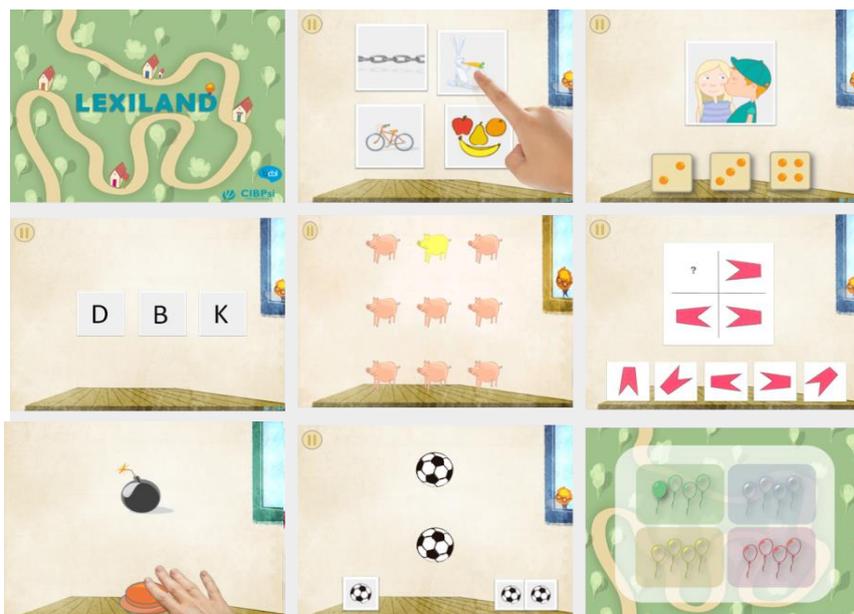
Diseño, elaboración y piloteo de materiales (Abril-Julio de 2016)

1. Diseño de tareas. El proyecto de investigación requirió de la adaptación de tareas clásicas que evalúan predictores tempranos del desempeño lector (p.ej., conciencia fonológica, denominación rápida automatizada y conocimiento de letras) para ser implementadas en tabletas. Para ello es necesario en algunos casos, por ejemplo en

denominación automatizada rápida, modificar la respuesta requerida al participante para automatizar el procesamiento de datos. Las respuestas habladas requieren un procesamiento manual caso a caso que obstaculiza la automatización del procesamiento de datos y por tanto la masificación de la herramienta, por lo que se busca minimizar la necesidad de utilizarlas. En segundo lugar, se desarrollaron nuevas tareas potencialmente capaces de predecir el desempeño lector en niños en edad pre-escolar basadas en las hipótesis de sincronización de oscilaciones cerebrales descritas anteriormente. En términos generales, estas tareas se basan en presentar un estímulo rítmico (auditivo o visual) y requieren de la sincronización motora del participante, de tipo “tapping” o la detección de un estímulo rítmico. Por último, los registros psicofisiológicos que evaluarán la calidad de la sincronización de las oscilaciones cerebrales requieren del diseño de tareas específicas aptas para el registro de la actividad eléctrica cerebral. Esto implica, por ejemplo, limitar el número de respuestas motoras para disminuir el ruido en la señal eléctrica (ver ANEXO).

2. Diseño gráfico y programación. Luego de tener definidos los detalles de las tareas y la cantidad de estímulos en cada caso procedimos al diseño gráfico y programación de las tareas. Algunos ejemplos de los tableros creados se presentan en la figura 1. Finalmente se crearon 16 tareas con un promedio de 20 estímulos por tarea. En el ANEXO, se incluye un listado de las tareas comportamentales junto con una breve descripción de cada una.

3. Estudio piloto. Una vez diseñadas y adaptadas las tareas se llevó a cabo un piloto con un grupo reducido de participantes (25 niños) de modo de ajustar detalles técnicos y metodológicos. Este piloto tuvo lugar gracias a la colaboración de la Escuela N.º 69. Los resultados del piloto se utilizaron para ajustar las tareas, los estímulos y los flujos y protocolos de aplicación.



**FIGURA 1.** Vista de los tableros de “Lexiland” la aplicación diseñada en el presente proyecto

**A.** Toma de datos comportamentales– fase 1 (Agosto-Octubre de 2016)

Selección de la muestra: Para la toma de datos comportamentales se seleccionó una muestra de 800 niños en educación inicial (nivel 5) que asisten a centros educativos públicos categorizados en los niveles socio-económicos 4 y 5 según los datos provistos por ANEP, a quienes se invitó a participar en el estudio mediante el envío de la solicitud junto con una hoja de información y una hoja de consentimiento informado a los padres/tutores de los participantes según lo establecido por el Comité de Ética de la Facultad de Psicología.. Los niños seleccionados en esta etapa realizaron las pruebas comportamentales en las tabletas lo que a su turno permitió la selección de una submuestra para la fase Neurobiológica. Una vez obtenidos los permisos del Consejo de Educación Inicial y Primaria, de la Inspección, de las direcciones y las maestras de las clases involucradas, grupos de 2 o 3 aplicadores se dirigieron a las escuelas durante 4 o 5 días en los que en grupos sucesivos de 5 niños, en salones especialmente provistos por las instituciones, aplicaron 25 minutos de actividades a cada subgrupo de niños. Los datos fueron almacenados en el servidor de datos del Centro de Investigación Básica en Psicología. Por razones logísticas y de los permisos y tiempos, la muestra fue de 619 niños en lugar de los 800 previstos.

**B.** Toma de datos psicofisiológicos – fase 1 (Octubre- Diciembre 2016, Febrero – Marzo 2017)

A partir de las medidas comportamentales se procedió a seleccionar una muestra de 40 niños a los efectos de participar en un estudio electroencefalográfico. Esos niños fueron seleccionados en base a su puntaje en las pruebas comportamentales, buscando que tuvieran un buen desempeño en las pruebas cognitivas generales (memoria verbal y no verbal, inteligencia no verbal) pero un desempeño descendido respecto a las tareas de conciencia fonológica, conocimiento de letras y RAN. A estos niños se le realizaron 3 estudios de EEG. Por un lado se les presentaba ruido con diferentes modulaciones mientras miraban una película; en segundo lugar se presentaba un cuento, mientras veían las ilustraciones del cuento proyectadas sobre la pared, para favorecer la atención.

**C.** Procesamiento de datos y análisis de resultados - fase 1.

El procesamiento de datos en esta fase tuvo dos objetivos principales. Por un lado coleccionar información sobre marcadores tempranos de las habilidades necesarias para una exitosa adquisición de la lectura en un tiempo cero que sirvan de elemento de comparación para las medidas obtenidas aproximadamente un año más tarde. Por otro lado, para la submuestra de participantes de la tarea psicofisiológica, se estudiaron las correlaciones entre las medidas comportamentales, como forma de explorar la estructura subyacente de las tareas. .

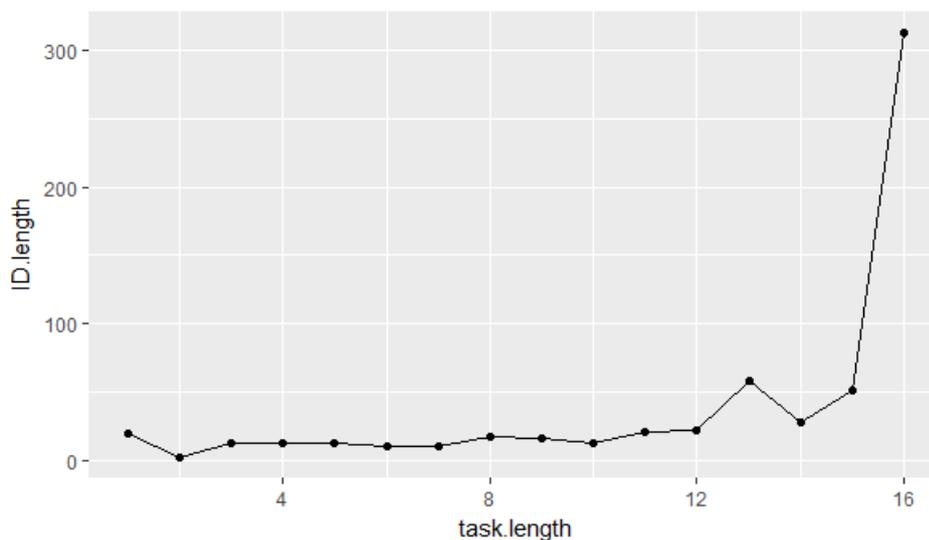
### **3. RESULTADOS PRINCIPALES**

Características generales de la muestra:

De los 606 niños que participaron en algún juego de nuestro ensayo, el 73% completó las 4 sesiones. La principal razón para no completar las tareas fue el ausentismo escolar, aun cuando se realizaron sesiones adicionales por escuela para recuperar tareas en los niños

faltantes. Los datos de ANEP estiman para el año 2015 que un 24,3% de los niños tiene asistencia insuficiente (concorre más de 70 días y menos de 140) (ANEP & CODICEN, 2016), esta estimación coincide con nuestros datos. Respecto a no completar las 4 tareas en una misma sesión, la razón principal se debe la pérdida de interés y las interrupciones en la sesión (por ejemplo por horario de recreo). En la Figura 2 se muestra la distribución de niños por número completo de tareas. Frente al ausentismo se tomó la estrategia de priorizar que se completaran las tareas de predictores clásicos frente a las tareas de predictores novedosos por lo que la distribución de tareas completadas no es uniforme. La tarea con menor número de participantes es *tapping*, con 460. Del total de 606 niños participantes se eliminaron aquellos que no hubieran completado al menos 4 tareas (1 sesión), esto equivalió a eliminar el 3% de la muestra. La muestra final se compone de 586 niños.

Uno de los objetivos de la primera fase del estudio era evaluar habilidades predictoras de la lectura previo a la adquisición lectora. Para ello se monitorearon habilidades de decodificación, se presentaron 15 palabras y 15 pseudopalabras y se tomó el tiempo y la tasa de aciertos. De acuerdo a los esperado para inicial de 5, el 69% no fue capaz de decodificar ninguna palabra o pseudopalabra y solo el 5% de los niños fue capaz de decodificar al menos 10 palabras y al menos 10 pseudopalabras.

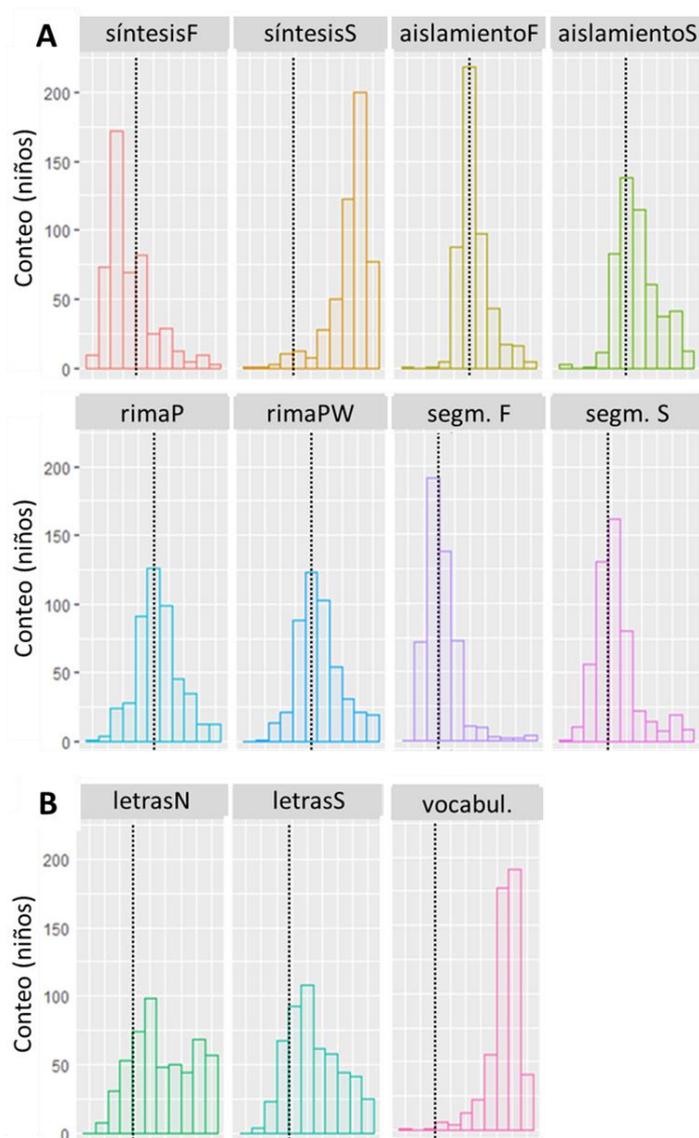


**FIGURA 2.** Número de niños según número de tareas completadas

### **Desempeño por tarea**

En segundo lugar interesa ver el desempeño en cada tarea, en esta etapa en particular para evaluar si se observan efectos de techo o efectos de piso y en general cómo son las distribuciones de puntajes. En la Figura 3, panel A, se presenta la distribución de aciertos para las tareas de conciencia fonológica separadas por granularidad (sílabas vs. fonemas)

y lexicalidad (palabras vs. pseudopalabras) para el caso de rima; en el panel B se presenta la distribución de aciertos para las tareas de conocimiento de letras (nombre y sonido) y vocabulario. En todos los casos las respuestas están por encima del nivel de chance (test de t, todos los valores  $p < 0,001$ , ajustando por comparaciones múltiples con el método de Bonferroni). Este resultado es relevante respecto al objetivo del estudio de lograr una aplicación que pueda aplicarse de forma autónoma y semi-automatizada. Las instrucciones grabadas y presentadas a través de auriculares y la dinámica de los juegos parecen haber logrado que los niños intenten seguir la consigna incluso en las tareas en que se presenta mayor dificultad (como es el caso de segmentación en fonemas).

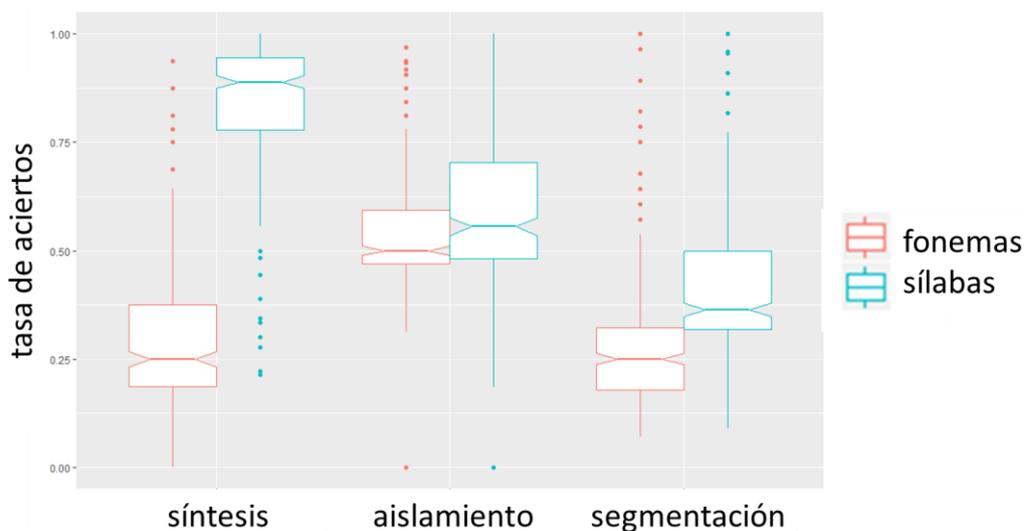


**FIGURA 3.** Histogramas de tasa de aciertos por tarea. A. Conciencia fonológica. Síntesis, aislamiento, rima y segmentación. F = fonemas, S = sílabas, P = palabras, PW = pseudopalabras. B. Conocimiento de letras y vocabulario. N = nombre, S = sonido. Las líneas negras punteadas indican nivel de respuesta de chance; el eje horizontal va de 0 a 1 en todos los casos.

## TAREAS CLÁSICAS

### Conciencia fonológica

El análisis del desempeño en las distintas tareas va en línea con lo reportado en la literatura. En esta etapa de desarrollo de los niños, a mediados del año académico de inicial de 5, se espera que tengan buena capacidad de manipular los sonidos al nivel de las sílabas pero menor desarrollo a nivel de fonemas. La conciencia fonémica (esto es, la conciencia fonológica a nivel de fonemas, las unidades más pequeñas de la lengua) a la vez que es un predictor del desempeño lector se entrena con el aprendizaje de la lectoescritura, en un bucle de retroalimentación positiva. En la Figura 4 se muestra que, de acuerdo a lo esperado, en las tareas de conciencia fonológica se observa que para las 3 tareas en que se manipula la variable de granularidad (sílabas vs. fonemas) el desempeño es mejor en conciencia fonológica a nivel de sílabas que a nivel de fonemas (una prueba t para cada tarea, todos los  $p < 0,001$  ajustados por comparaciones múltiples por el método de Bonferroni).



**FIGURA 4.** Tasa de acierto por tarea y por granularidad

En segundo lugar, vale la pena revisar las correlaciones entre tareas. Las 4 tareas de conciencia fonológica miden el mismo constructo, por lo tanto es de esperar que estén significativamente correlacionadas. Los resultados muestran correlaciones significativas entre las tareas y una confiabilidad media a alta (alfa de Cronbach = 0,62). Sin embargo, se observa que los coeficientes de correlación son de nivel medio (entre 0,2 y 0,5). Se incluyó más de una tarea de conciencia fonológica en el entendido de que evalúan el mismo constructo pero de forma algo diferente. Algunos autores argumentan que las tareas usualmente utilizadas en la evaluación de conciencia fonológica pueden categorizarse por su grado de dificultad en orden de menor a mayor dificultad como: síntesis < rima < aislamiento < segmentación (Guardia Gutiérrez, 2010)

**TABLA 1.** Coeficientes de correlación de Spearman (r) entre tareas de conciencia fonológica

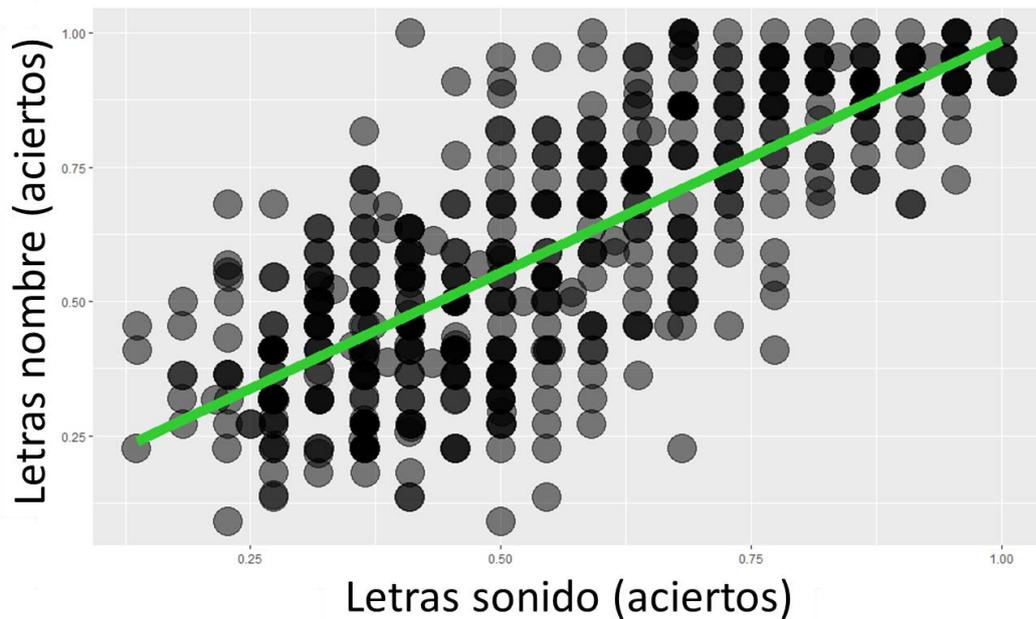
	síntesis	aislamiento	segmentación	rima
síntesis	1	0.47**	0.24**	0.27**
aislamiento			0.28**	0.36**
segmentación				0.14*

\*\* p < 0,01, \* p < 0,05, Ajuste: Bonferroni

### Conocimiento de letras

Respecto al conocimiento de letras, se incluyeron dos tareas, una en que los niños escuchaban el nombre de la letra y una en que los niños escuchaban el sonido de las letras. El objetivo era evaluar el conocimiento de letras independientemente de las prácticas de enseñanza de cada escuela, bajo la asunción de que posiblemente en algunas escuelas se enseñe el sonido y en otras el nombre. Si bien ambos desempeños están por encima del nivel de chance, y están altamente correlacionadas ( $r = 0,76$ ), la prueba t entre ambas distribuciones muestra que difieren significativamente ( $t = 3,29$ ,  $p = 0,001$ ,  $mediaN = 0,6$ ,  $mediaS = 0,55$ ). Este resultado va en línea con la información recibida en diálogo con las maestras, en que se observó que la práctica más frecuente es la enseñanza del sonido de las letras y no su nombre, aunque es probable que en los casos en que las familias participan en la enseñanza de las letras esta distribución sea más heterogénea. Este resultado tiene dos implicaciones, por una parte, que medir solo una de ellas podría ser suficiente para evaluar esta habilidad; por otra, podría interpretarse que la enseñanza de

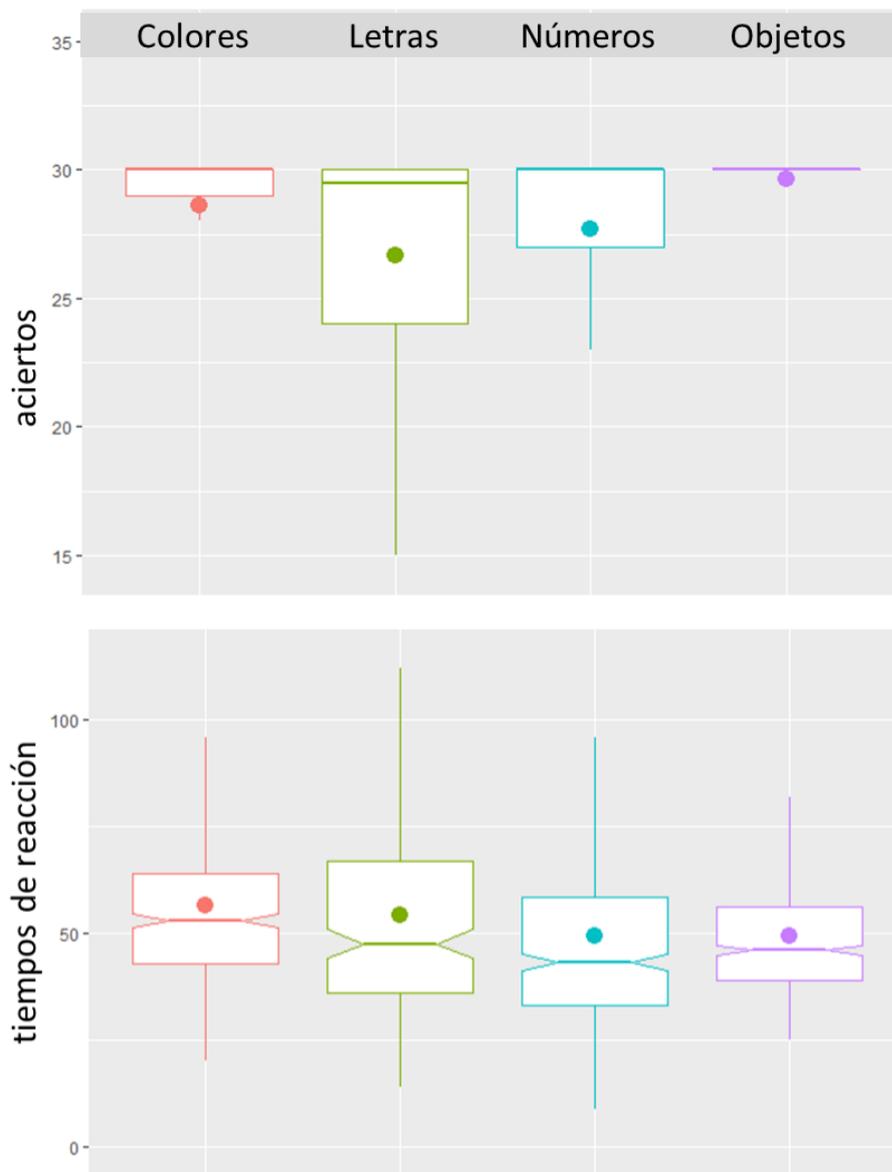
una indirectamente promueve el desarrollo de la otra. El desempeño en ambas tareas mostró, de acuerdo a lo esperado por la literatura previa y por el programa de ANEP, que la mayor parte de los niños en dicha etapa del año ya conoce el nombre/sonido de las letras.



**FIGURA 4.** Correlación entre la tasa de aciertos para conocimiento del nombre de las letras y para conocimiento del sonido de las letras.

### **Rapid automatized naming (RAN)**

En las tareas de RAN, se observa, de acuerdo a lo esperado, mejor desempeño para las tareas no alfanuméricas (Colores y Objetos) que para las alfanuméricas (Letras y Números). En el caso de las no alfanuméricas se observan efectos de techo en la tasa de aciertos pero suficiente variabilidad en los tiempos de reacción, lo cual sugiere que las tareas podrían poseer suficiente poder discriminador entre niños (Figura 5).



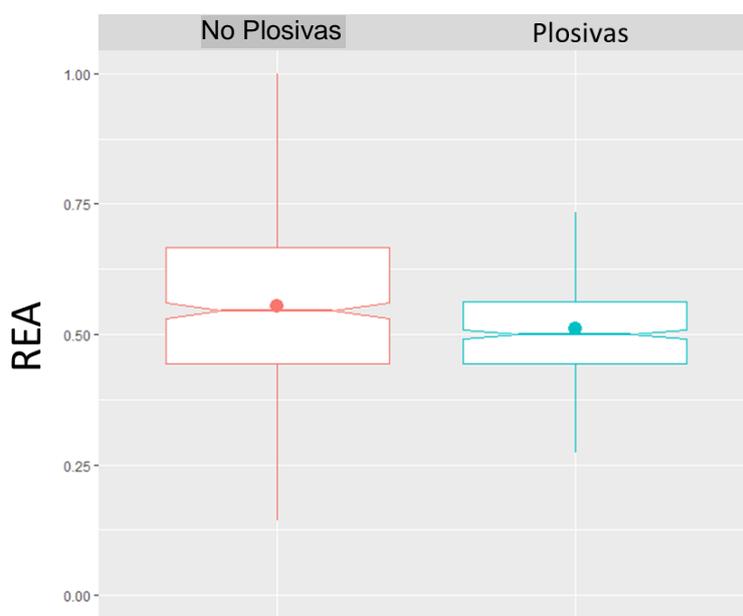
**FIGURA 5.** Aciertos y tiempos de reacción para las tareas de RAN. En cada diagrama de caja el punto representa la mediana.

### TAREAS NOVEDOSAS

En las tareas diseñadas *de novo* existen ningún o pocos antecedentes sobre el desempeño global esperado. A continuación se describen los resultados de las tareas en las que sí existen antecedentes en la literatura que permiten comparar el desempeño encontrado con el reportado en otros estudios. Para comprobar la validez de las otras tareas será necesario completar la segunda etapa del estudio y evaluar su poder predictor para la decodificación de palabras y pseudopalabras en el primer año escolar.

### Escucha dicótica sílabas

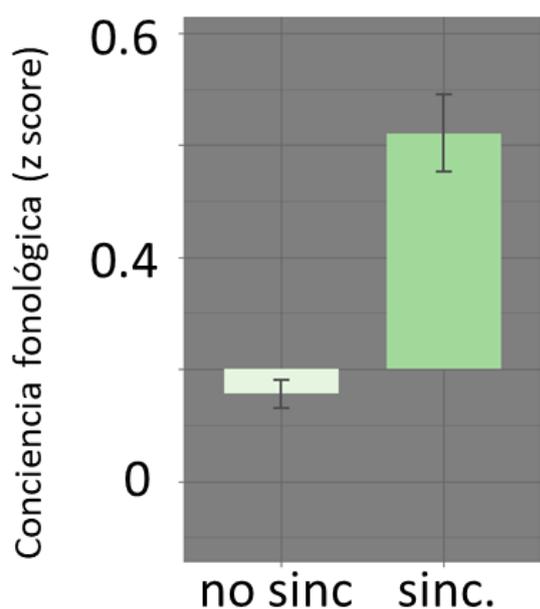
En esta tarea se esperaba encontrar una ventaja en el oído derecho a medida que el procesamiento del lenguaje se especializa en el hemisferio cerebral izquierdo. Al presentarse en simultáneo una sílaba en cada oído, y asumiendo una especialización del procesamiento del lenguaje en el hemisferio izquierdo, se espera que ocurra una facilitación en el procesamiento de estímulos auditivos presentados en el oído derecho, debido a que las vías auditivas se cruzan entre oídos y hemisferios. La llamada “ventaja del oído derecho” (REA, por su nombre en inglés) es asimismo un indicador de conectividad interhemisférica (Westerhausen et al, 2011). En esta tarea se manipulaba también las características de las sílabas presentadas dividiéndose en pares con sílabas con consonantes plosivas (/ba/ vs. /pa/, /ga/ vs. /ka/, /da/ vs. /ta/) y pares con sílabas con consonantes no plosivas (/ma/ vs. /fa/, /sa/ vs. /la/). En ambos casos cada par contiene un sílabas con *voice onset time* breve y una con *voice onset time* largo ya que esta combinación ha mostrado ser la más efectiva para detectar ventajas del oído derecho. Los resultados muestran que efectivamente se observa una ventaja del oído derecho (REA) en promedio para los pares no plosivos pero no para los pares plosivos. Se observa también suficiente variabilidad de modo que se espera que esta tarea posea una alta capacidad de discriminar entre niños. La ventaja del oído derecho se computa como el número de respuestas en que se reporta la sílaba presentada en el oído derecho dividido por el número de respuestas en que se reporta la sílaba presentada en el oído izquierdo, por lo que  $REA = 0,5$  implica igual número de respuestas para cada oído, y más de 0,5 implica más respuestas correspondientes al estímulo presentado en el oído derecho.



**FIGURA 6.** Ventaja del oído derecho para pares plosivos y no plosivos.

### Tapping

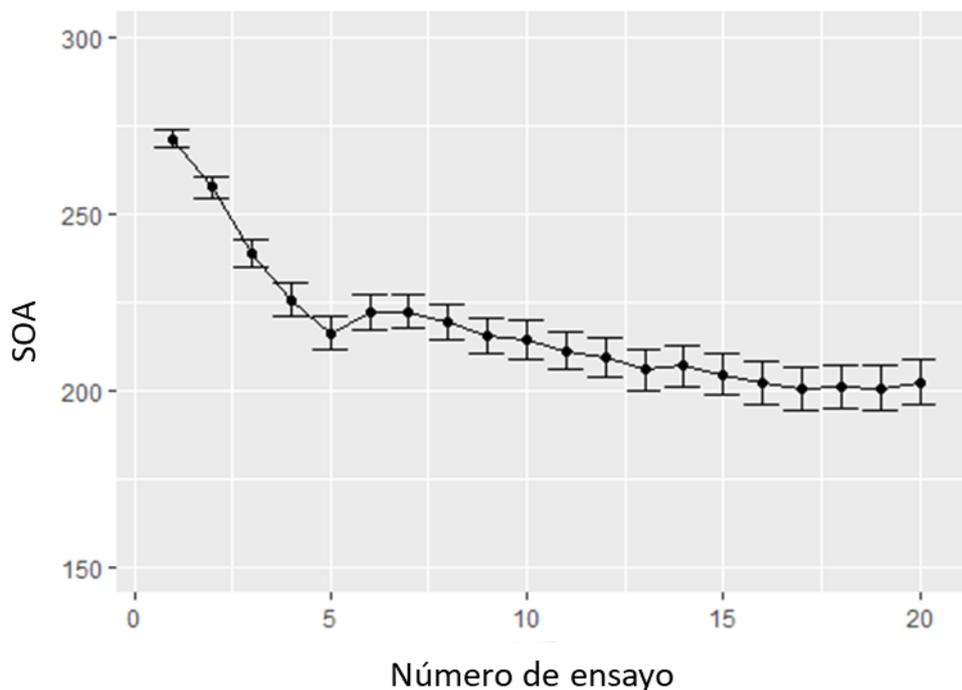
En esta tarea los niños debían tamborilear siguiendo el ritmo de un *beat* que se presentaba a distintas frecuencias (1, 2 y 4 Hz). El objetivo era medir la sincronización de la respuesta motora de los niños al estímulo auditivo, como medida indirecta de la sincronización de las oscilaciones cerebrales al estímulos auditivo, tal como se ha establecido recientemente en algunos estudios de laboratorio (Woodruff Carr, White-Schwoch, Tierney, Strait, & Kraus, 2014). En nuestro estudio encontramos, en primer lugar, que la frecuencia de tamborileo para distintas frecuencias es significativamente diferente, sugiriendo que los niños efectivamente estaban siguiendo la consigna. En segundo lugar, y de especial importancia, encontramos que existe si categorizamos a los niños entre sincronizadores y no sincronizadores en función de su capacidad de seguir el ritmo en las 3 frecuencias de estimulación, se observa una diferencia significativa en su desempeño en conciencia fonológica, con los niños sincronizadores presentado una mejor conciencia fonológica que los no sincronizadores (Figura 7). Esto sugiere no solo que la presentación de esta tarea en tablets es suficientemente sensible para capturar la precisión en las respuestas (la demanda en cuanto a resolución temporal en el registro de respuestas por parte de la Tablet es bastante alta), sino que replica el efecto reportado en el estudio de Woodruff-Carr et al, llevado a cabo en condiciones de laboratorio.



**FIGURA 7.** Desempeño en conciencia fonológica en función de desempeño en tarea de tapping.

### Segmentación de un flujo visual

En estudios anteriores se han evidenciado diferencias de desempeño en esta tarea entre niños diagnosticados con dislexia y niños con desarrollo típico (Lallier, Thierry, & Tainturier, 2013). En esta tarea se presentan las ilustraciones de dos pelotas por encima y debajo del centro de la pantalla y se manipula el intervalo de tiempo entre la presentación de la de arriba y la de abajo (SOA, stimulus onset asynchrony) para crear un percepto de una sola pelota que pica, o dos pelotas que aparecen simultáneamente. El niño debe indicar si ve una o dos pelotas y se mide el punto de máxima incertidumbre. En particular se observa que en niños con diagnóstico de dislexia el SOA de máxima incertidumbre es mayor que en niños con desarrollo típico, dando soporte a la hipótesis de que la dislexia conlleva una dificultad en la abscación de la atención visual. Los resultados de nuestro estudio, si bien aún no se pueden identificar distintos grupos ya que los niños están en etapa prelectora, muestran SOAs de máxima incertidumbre en el mismo orden que los reportados en la literatura, alrededor de los 200 ms. y un comportamiento asintótico, sugiriendo que la tarea es suficientemente estable (Figura 8).



**FIGURA 8.** Diferencia de tiempo entre estímulos visuales (SOA) en función del número de ensayo.

## **A) Resultados finales**

El objetivo central de este proyecto es la creación de una batería digitalizada para la detección temprana de las dificultades de la lectura. Todas las tareas fueron diseñadas, implementadas y aplicadas a una muestra de 586 niños. Los problemas emergentes en la programación de las tablets y en la funcionalidad de los dispositivos fueron resueltos y se generó un sistema de almacenamiento de datos robusto, primero en la Tablet y luego en un servidor, lo que permite generar una base de datos sobre la que aplicar diferente análisis. Como complemento tomamos datos electrofisiológicos de una submuestra de niños para posteriores estudios. Consideramos por tanto que se cumplieron todos los objetivos planteados.

## **B) Recomendaciones, conclusiones, futuras investigaciones**

Para completar el estudio es imprescindible volver a estudiar la muestra de niños, tanto para detectar cambios en los predictores, pero sobre todo, para evaluar su evolución en el desempeño lector. De esta manera se podrá seleccionar el conjunto de ítems de cada tarea que tienen mayor valor predictivo sobre la lectura. Ese proyecto está actualmente en curso.

## **C) Bibliografía**

ANEP, & CODICEN. (2016). Monitor educativo de enseñanza primaria. Estado de Situación 2015. Montevideo.

Anthony, J. L., Williams, J. M., McDonald, R., Corbitt-Shindler, D., Carlson, C. D., & Francis, D. J. (2006). Phonological processing and emergent literacy in Spanish-speaking preschool children. *Annals of Dyslexia*, 56(2), 239–70. doi:10.1007/s11881-006-0011-5

Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews. Neuroscience*, 4(10), 829–839. doi:10.1038/nrn1201

Defior, S., Martos, F., & Cary, L. (2002). Differences in reading acquisition development in two shallow orthographies: Portuguese and Spanish. *Applied Psycholinguistics*, 23(01), 135–148. doi:10.1017/S0142716402000073

Elbro, C. (1996). Early linguistic abilities and reading development: A review and a hypothesis. *Reading and Writing*. doi:10.1007/BF00577023

Elkind, D. (1987). *Miseducation: Preschoolers at risk*. New York: Alfred A. Knopf.

Frost, R. (2012). A universal approach to modeling visual word recognition and reading: Not

only possible, but also inevitable. *Behavioral and Brain Sciences*, 35(5), 310–329.

Georgiou, G. K., Parrila, R., & Papadopoulos, T. C. (2008). Predictors of word decoding and reading fluency across languages varying in orthographic consistency. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 566–580. doi:10.1037/0022-0663.100.3.566

Goswami, U. (2011). A temporal sampling framework for developmental dyslexia. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(1), 3–10. doi:10.1016/j.tics.2010.10.001

Goswami, U., Power, A. J., Lallier, M., & Facoetti, A. (2014). Oscillatory “ Temporal Sampling ” and Developmental Dyslexia : Towards an Over-Arching Theoretical Framework. *Frontiers in Human Neuroscience*. doi:10.3389/fnhum.2014.00904

Guardia Gutiérrez, P. A. (2003). Relaciones entre habilidades de alfabetización emergente y la lectura, desde nivel transición mayor a primero básico. *Psykhé*.

Guardia Gutiérrez, P. A. (2010). The Effect of Linguistic , Phonetic and Lexical Factors on Phonological skills and Reading Acquisition in Spanish : A Longitudinal Study. Cambridge.

Lallier, M., Acha, J., & Carreiras, M. (2015). Cross-linguistic interactions influence reading development in bilinguals: a comparison between early balanced French-Basque and Spanish-Basque bilingual children. *Developmental Science*, 18(2).

Lallier, M., Thierry, G., & Tainturier, M. J. (2013). On the importance of considering individual profiles when investigating the role of auditory sequential deficits in developmental dyslexia. *Cognition*, 126(1), 121-127. <http://doi.org/10.1016/j.cognition.2012.09.008>

Mcdowell, K. D. (2007). Relations Among Socioeconomic Status, Age, and Predictors of Phonological Awareness. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 50(August), 1079–1092.

Norton, E. S., & Wolf, M. (2012). Rapid automatized naming (RAN) and reading fluency: implications for understanding and treatment of reading disabilities. *Annual Review of Psychology*, 63, 427–52. doi:10.1146/annurev-psych-120710-100431

Stamper, J. C., Lomas, D., Ching, D., Ritter, S., Koedinger, K. R., & Steinhart, J. (2012). The Rise of the Super Experiment. International Educational Data Mining Society.

Stanovich, K. E. (1986). Matthew Effects in Reading: Some Consequences of Individual Differences in the Acquisition of Literacy. *Reading Research Quarterly*, 21(4), 360–407. doi:10.1598/RRQ.21.4.1

Vidyasagar, T. R. (2013). Reading into neuronal oscillations in the visual system: implications for developmental dyslexia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(November),

811. doi:10.3389/fnhum.2013.00811

Westerhausen, R., Luders, E., Specht, K., Ofte, S. H., Toga, A. W., Thompson, P. M., ... Hugdahl, K. (2011). Structural and functional reorganization of the corpus callosum between the age of 6 and 8 years. *Cerebral Cortex*, 21(5), 1012-1017. <http://doi.org/10.1093/cercor/bhq165>

Whitehurst, G. J., & Lonigan, C. J. (1998). Child Development and Emergent Literacy. *Child Development*, 69(3), 848–872.

Wolf, M., & Katzir-Cohen, T. (2001). Reading fluency and its intervention. *Scientific Studies of Reading*, 5(3), 37–41.

Woodruff Carr, K., White-Schwoch, T., Tierney, a. T., Strait, D. L., & Kraus, N. (2014). Beat synchronization predicts neural speech encoding and reading readiness in preschoolers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1-6. <http://doi.org/10.1073/pnas.1406219111>

Woodruff Carr, K., White-Schwoch, T., Tierney, a. T., Strait, D. L., & Kraus, N. (2014). Beat synchronization predicts neural speech encoding and reading readiness in preschoolers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1–6. doi:10.1073/pnas.1406219111

#### **D) Instituciones que colaboraron**

Facultad de Psicología, Universidad de la República, Uruguay  
Centro Vasco de Cerebro y Lenguaje, BCBL, España.  
Consejo de Educación Inicial y Primaria  
Plan Ceibal

#### **E) Autores y breve reseña profesional**

**Camila Zugarramurdi**. Licenciada en Biología Humana por la Universidad de la República y Magíster en Ciencias Biológicas con orientación en Neurociencias por el Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA), Uruguay. Actualmente cursa estudios de Doctorado orientados a la comprensión de las bases neurales de la adquisición de la lectura y al desarrollo de predictores comportamentales del desempeño lector en niños en edad preescolar.

**Lucía Fernández**. Licenciada en Psicología por la Universidad de la República. Actualmente cursa una maestría en neurociencias, orientada al estudio de la maduración de la identificación de palabras en niños que recién adquirieron la lectura.

**Marie Lallier**. PhD de la Universidad de Grenoble (Francia) con una tesis acerca de los problemas visuales y auditivos en la dislexia. Tuvo una beca Post doctoral para trabajar en la Universidad de Bangor (UK) y posteriormente en el Centro Vasco de Cerebro y Lenguaje (España). Actualmente es investigadora y dirige el grupo de desórdenes del lenguaje en ese centro.

**Manuel Carreiras**. Director científico del BCBL (Basque Center on Cognition, Brain and Language, Donostia,-San Sebastian) que ha recibido la acreditación "Severo Ochoa" de centro de excelencia. Es catedrático de investigación IKERBASQUE, catedrático honorario de la UCL, y profesor visitante de la UPV/EHU. Su investigación se centra en la lectura, el bilingüismo y el aprendizaje de segundas lenguas.

**Juan Valle Lisboa**. Profesor Adjunto del Programa de Neurobiología en la Facultad de Psicología. Magíster y Dr. en Ciencias Biológicas – Biofísica por el PEDECIBA, Uruguay. Su trabajo se centra en el estudio de modelos neurales de procesamiento del lenguaje y últimamente en la aplicación de la Neurociencia a la Educación en temas de matemática y lectura.

**F) Acceso a las fuentes de datos (resultados) en caso que existan**

Los datos serán publicados en revistas internacionales arbitradas. Luego de su publicación se otorgarán datos anonimizados a quienes lo soliciten y se compromentan a que se citen las publicaciones de referencia.

**G) Licenciamiento**

Las herramientas diseñadas en este proyecto serán registradas para la protección de la propiedad intelectual. En todo caso se permitirá la utilización gratuita por el Sistema Educativo Público uruguayo.

## ANEXO. Lista y descripción de tareas incluidas en la batería

### CONCIENCIA FONOLÓGICA:

En todas las tareas de conciencia fonológica se manipula la longitud y la estructura consonante-vocal de la palabra target, y se mide tasa de aciertos y tiempo de reacción. Los estímulos son auditivos y se acompañan de una ilustración.

- 1 Síntesis: formar una palabra a partir de sílabas o fonemas, además del target se presentan dos o tres distractores: uno fonológico, uno semántico y uno no relacionado; los distractores comparten con el target la estructura y la longitud.
- 2 Segmentación: indicar cuántas sílabas o fonemas tiene una palabra
- 3 Aislamiento en sílabas: indicar si dos palabras empiezan por la misma sílaba o fonema
- 4 Rima: indicar si dos palabras o dos pseudopalabras riman

### CONOCIMIENTO DE LETRAS:

se presentan auditiva y visualmente las 27 letras del alfabeto en orden aleatorio junto con dos distractores, uno de los cuales comparte las características visuales con el target. El niño debe señalar la letra correcta.

- 5.1 Nombre: se presenta el nombre de la letra
- 5.2 Sonido: se presenta el sonido de la letra

### RAN (rapid automatized naming):

Se presentan 6 elementos repetidos 5 veces cada uno en una matriz de 6x5. El niño debe nombrar los elementos lo más rápido posible, se mide el tiempo total y los errores.

- 6.1 Letras: F, M, N, S, R
- 6.2 Números: 4, 5, 7, 8, 9
- 6.3 Colores: azul, negro, rojo, verde, blanco
- 6.4 Objetos: pato, mesa, faro, queso, lupa

### OSCILACIONES AUDITIVAS

- 7 Tapping: se presenta auditivamente un tono que se repite a una frecuencia determinada (tres niveles, 1, 2, 4 Hz). El niño debe golpetear sobre la tablet siguiendo el ritmo del tono. Se mide la sincronización entre estímulo auditivo y respuesta motora.
- 8 Escucha dicótica sílabas: Se presentan en simultáneo auditivamente dos sílabas, uno en cada oído. Se pide al niño que identifique la sílaba escuchada en uno u otro oído. Se mide la tasa de acierto para uno y otro oído.
- 9 Escucha dicótica música. Se presenta en simultáneo auditivamente una melodía y su beat, uno en

cada oído. El niño debe golpetear sobre la tablet siguiendo el beat. Se manipula la frecuencia del ritmo (1,2, 4 Hz) y el oído sobre el que se presenta el beat. Se mide la tasa de acierto para uno y otro oído.

### OSCILACIONES VISUALES

- 10 Visual entrainment: Se presenta visualmente un objeto que oscila a una frecuencia constante de 10 Hz. Posteriormente se presenta un segundo objeto (target) con una duración apenas detectable, el niño debe indicar si el objeto apareció o no. Se manipula la fase entre la frecuencia de entrenamiento y la presentación del objeto target. Se mide la tasa de detección en función de la fase de presentación del target.
- 11 Visual stream segregation: Se presentan las ilustraciones de dos pelotas por encima y debajo del centro de la pantalla, se manipula el intervalo de tiempo entre la presentación de la de arriba y la de abajo para crear un percepto de una sola pelota que pica, o dos pelotas que aparecen simultáneamente. El niño debe indicar si ve una o dos pelotas, se mide el punto de máxima incertidumbre.

### STM (short term memory)

- 12 Orden: Se presenta auditivamente una secuencia de palabras. Cuando termina la secuencia auditiva se presentan ilustraciones correspondientes a los ítems auditivos y el niño debe ordenar las ilustraciones según el orden en que los escuchó. Se manipula la longitud de la secuencia desde 2 hasta 7 elementos. Todos los estímulos son monosilábicos.
- 13 Spatial: (basada en cubos de Corsi): Se presenta una matriz de 3x3 en que cada celda es un cuadrado azul. Los cuadrados cambian de color en secuencias que van desde 2 hasta 7 elementos. El niño debe reproducir la secuencia tocando cada uno de los cuadrados que se iluminaron, en el mismo orden.

### VOCABULARIO

- 14 BEST: se presenta auditivamente un target (sustantivo) y visualmente las ilustraciones del target y tres distractores, uno fonológico, uno semántico y uno visual; el niño debe pulsar sobre la ilustración correspondiente al target. Se mide la tasa de aciertos y el tiempo de reacción.

### IQ

- 15 Matrices (WIPPSI): se presenta un matriz de tres elementos con un determinado patrón. El niño debe elegir entre 4 elementos el que se corresponde con el patrón presente en la matriz.

### LECTURA

- 16.1 Palabras: 15 palabras
- 16.2 Pseudopalabras: 15 pseudopalabras