

DISLEXIA ¿SABEMOS SOSPECHARLA?
LA DISLEXIA, UNA DIFICULTAD OCULTA DE APRENDIZAJE

Dra. Luz Rello
Carnegie Mellon University

DISLEXIA ¿SABEMOS SOSPECHARLA?

LA DISLEXIA, UNA DIFICULTAD OCULTA DE APRENDIZAJE

Dra. Luz Rello Sánchez

*Tener dislexia puede ser algo muy bueno
si se sabe lo que es.*

JAVIER MARISCAL

1. Introducción a la dislexia
 - 1.1. Definición
 - 1.2. Prevalencia
 - 1.3. Dislexia y otras condiciones
 - 1.4. Síntomas de dislexia
 - 1.5. Estructura y funcionamiento del cerebro
 - 1.6. La detección de la dislexia
 - 1.6.1. Protocolos generales de detección de dislexia
 - 1.6.2. Tests y herramientas de cribado
 - 1.6.2.1. Etapa Infantil: test de Cuetos y otros
 - 1.6.2.2. A partir de 7 años en soporte papel: DST-J
 - 1.6.2.3. A partir de 7 años través de la web: prueba Dytective
 - 1.7. ¿Quién puede diagnosticar la dislexia?
 - 1.8. ¿Tiene «cura» la dislexia?
2. La herramienta Dytective
 - 2.1. La prueba de cribado Dytective
 - 2.1.1. Aprendizaje automático
 - 2.1.2. Detección de dislexia con aprendizaje automático
 - 2.1.3. Diseño y evaluación de la prueba de cribado Dytective
 - 2.2. DytectiveU, herramienta de estimulación cognitiva
 - 2.2.1. Herramientas de intervención computacional para la dislexia.

2.2.2. Diseño de DytectiveU

2.2.3. Evaluación de DytectiveU

3. Conclusiones

4. Referencias

1. INTRODUCCIÓN A LA DISLEXIA

1.1. Definición

La dislexia es una dificultad de aprendizaje que afecta las habilidades relacionadas con la lectura y la escritura, como la fluidez de la lectura, la decodificación, la comprensión, el recuerdo, la escritura o la ortografía. Los niños con dislexia tienen menos probabilidades de tener éxito en la escuela en comparación con sus compañeros sin dislexia, aunque la dislexia no está asociada con la inteligencia general. Es muy importante tener en cuenta que las dificultades de aprendizaje son la causa principal del fracaso y abandono escolar.

En la última revisión del *Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales* (DSM-V) (1) la dislexia se clasifica como un *trastorno específico de aprendizaje*. Es un trastorno del desarrollo de origen neurobiológico. Se manifiesta en dificultades en la lectura y la escritura, que son habilidades académicas clave, especialmente durante los años de educación formal. Solo hay un tipo oficial de dislexia. Sin embargo, se puede encontrar que la literatura científica habla de diferentes tipos aun debatidos (fonológica o superficial, entre otras). En lo que coinciden las diferentes definiciones oficiales de dislexia es: 1) que se trata de un problema del lenguaje escrito, no del oral; 2) que no está relacionado con otras habilidades cognitivas o, lo que es lo mismo, no está relacionado con la inteligencia general.

1.2. Prevalencia

La prevalencia de dislexia se sitúa entre el 5-15% en los niños en edad escolar en diferentes idiomas.

La *Academia Nacional de Ciencias* estadounidense estima que entre el 10 y el 17,5% de la población de Estados Unidos tiene dislexia. Para la población de habla hispana, el grado de prevalencia de las estimaciones es menor.

En España, conocemos tres estudios de prevalencia de dislexia. En la Región de Murcia, uno realizado en 2011 (3) con una muestra de más de dos mil niños de Enseñan-

za Primaria (segundo, cuarto y sexto curso) estima que la prevalencia de la dislexia es del 11,8%. En las Islas Canarias (8), la estimación de alumnos con dificultades específicas de aprendizaje es de un 8,6% con una muestra de mil cincuenta alumnos de Educación Primaria (de segundo a sexto curso), cuyo rango de edad oscila entre los siete y los doce años, mientras que la estimación de dislexia fue de un 3,2%, en la misma muestra. Finalmente, en la Comunidad Autónoma de Madrid (13), usando una muestra de más de mil ochocientos niños de entre siete y once años provenientes de diecisiete centros públicos, los resultados muestran una prevalencia de dislexia en el rango del 5-8,4%, situándose esta estimación en una posición intermedia de los estudios anteriores realizados en población de habla hispana. Este último estudio utilizó el test *Dyctective* de Change Dyslexia.

De Latinoamérica sabemos muy poco, con la excepción de Colombia, donde la prevalencia, a partir de un estudio realizado en 2015 en Bogotá, fue del 3,6%, en una muestra de doscientos veinte niños con una media de casi nueve años. Esta prevalencia es similar a la encontrada en niños colombianos de Barranquilla, donde se obtuvo un 3,3% en una muestra de ciento doce niños de siete años.

Es importante tener en cuenta que las prevalencias pueden variar según la edad en la que se evalúe a los niños; por ejemplo, en los niños más pequeños puede aparecer una prevalencia superior que podría disminuir con la edad debido a la intervención específica. También estas prevalencias pueden depender de otros factores sociales y económicos.

Nótese lo diferentes que son estas estimaciones, incluso para el mismo idioma y país, esto es debido a que dependen del criterio o de los modelos que definen la dislexia. Aunque existe un acuerdo compartido en la definición de dislexia y en su universalidad neurológica, su definición es imprecisa cuando se aplica a diferentes lenguas. De hecho, sus manifestaciones son particulares en las distintas lenguas, en función de la transparencia o regularidad de su sistema ortográfico. Por ejemplo, en lenguas cuyo sistema ortográfico es más opaco (como el inglés), la correspondencia entre grafema (letra) y fonema (sonido) es menos regular. En esos idiomas, las manifestaciones de la dislexia están más relacionadas con errores en la lectura y la escritura. Por el contrario, en lenguas con ortografías más transparentes, como el español, los errores pueden ser menos frecuentes y otros factores han de tenerse en cuenta, como la velocidad, la fluidez y la automatización de la lectura. De hecho, la dislexia puede no ser detectada y permanecer como una **dificultad oculta** o **trastorno oculto** especialmente y con mayor frecuencia en las lenguas con ortografías transparentes como el español.

1.3. Dislexia y otras condiciones

Pocas veces la dislexia aparece sola (11); frecuentemente viene acompañada por otras manifestaciones como:

- *TDA o TDAH* (del 18 al 42 % de los casos): trastorno neurobiológico que implica dificultades en el mantenimiento de la atención voluntaria ante actividades académicas o cotidianas. Puede acompañarse de una falta de control de impulsos.
- *Discalculia* (del 2 al 6 % de los casos): dificultad específica de aprendizaje para entender y trabajar con números.
- *Disgrafía* (más del 50 % de los casos): dificultad para coordinar los músculos de la mano y el brazo, causando dificultades en la escritura.
- Síndrome de estrés visual (aproximadamente el 26 % de los casos): es un trastorno del procesamiento perceptivo, que se caracteriza por distorsiones de la percepción visual. A diferencia de la dislexia, no es un trastorno del lenguaje.
- *Lateralidad cruzada* (aproximadamente el 50 % de los casos): se produce cuando la lateralidad no está bien definida en uno de los lados (derecho o izquierdo) y se relaciona con dificultades en la coordinación y en la orientación espacial. La lateralidad es la preferencia espontánea en el uso de los órganos situados al lado derecho o izquierdo del cuerpo, como los brazos o las piernas.
- *Altas capacidades* (del 2 al 5 % de los casos entre las dificultades de aprendizaje, no necesariamente dislexia): personas con una capacidad de aprendizaje muy superior a los demás, pudiendo establecerse diferentes medidas, entre ellas el cociente intelectual.
- *Fortalezas*: capacidades que las personas con dislexia desarrollan en mayor medida que las personas sin dislexia, bien sea producto de una compensación de sus dificultades o como resultado de un diferente funcionamiento cerebral. Entre las fortalezas más nombradas está el procesamiento visual, el emprendimiento y la creatividad.

1.4. Síntomas de dislexia

Cada niño tiene un ritmo diferente de aprendizaje. Sin embargo, problemas recurrentes en la lectura y en la escritura nos proporcionan posibles indicios de dislexia, que se manifestarán de un modo diferente según el momento del desarrollo. Las manifestaciones de la dislexia son diferentes según la edad y no todas las personas muestran todos los síntomas. Algunos de estos síntomas persisten en la edad adulta.

A continuación, vamos a mencionar, de manera resumida, los principales síntomas que presentan los niños con dislexia.

- Leer supone un gran esfuerzo. Comprensión lectora baja.
- Errores en la lectura y en la escritura: adición, omisión, sustitución y transposición de números, letras y palabras.
- Errores gramaticales en la escritura y ortografía deficitaria.
- Dificultad en conectar letras (grafemas) con sonidos (fonemas).
- Inseguridad en la pronunciación de las letras.
- Dificultad para rimar.
- Dificultad para acceder al léxico; por ejemplo, dificultad en nombrar números o letras.
- Desarrollo asimétrico: puede presentar gran habilidad manual o gran creatividad en comparación con la habilidad lingüística.
- Problemas conductuales; por ejemplo, falta de atención o impulsividad.
- Puede mostrar problemas de autoestima o dificultades para sentirse integrado.
- Las dificultades en su lengua materna pueden trasladarse al aprendizaje de otras lenguas.
- Puede presentar problemas con las matemáticas.

1.5. Estructura y funcionamiento del cerebro

En el plano neurológico, se han realizado investigaciones a partir de dos técnicas neurobiológicas: el electroencefalograma (EEG) y la resonancia magnética funcional (fMRI), gracias a las cuales se han determinado cambios cerebrales estructurales y funcionales que pueden predecir las dificultades en la lectura. Mediante estas técnicas se ha podido comprobar, por ejemplo, cuáles son las áreas del cerebro que se activan durante la ejecución de tareas de lectura en lectores con y sin dislexia. Asimismo, se han utilizado para registrar potenciales evocados corticales (a través del EEG), que proporcionan medidas a tiempo real sobre el procesamiento del lenguaje.

El procesamiento del lenguaje escrito se encuentra mayoritariamente en el hemisferio izquierdo del cerebro en lectores sin dislexia: en el área de Broca (relacionada con la articulación y el análisis de las palabras) y en el área parieto-temporo-occipital (involucrada en el análisis y la forma de la palabra). En la población con dislexia, se ha observado poca actividad en este hemisferio, concretamente en el área parieto-temporo-occipital, y sobreactivación en el hemisferio derecho. Esta sobreactivación se debe a que los lectores con dificultades en la lectura podrían recurrir a la región frontal del hemisferio derecho, que es responsable de articular las palabras habladas, para compensar los sistemas en el hemisferio izquierdo del cerebro.

1.6. La detección de la dislexia

La detección de la dislexia es crucial. Cuanto antes se detecte, antes se podrán evitar los problemas derivados, como el fracaso escolar o problemas conductuales. Sin embargo, la detección de la dislexia no es una tarea fácil. Los niños con dislexia, desde que son pequeños, se van adaptando a todas las circunstancias y sin querer van compensando o «tapando» la dislexia. Y esa compensación hace que su detección sea más compleja, sobre todo en lenguas con ortografías transparentes, como el español, en las que se ha llegado a llamar a la dislexia **dificultad oculta o trastorno oculto**.

El rasgo más distintivo para diagnosticar dislexia en castellano es, precisamente, la baja velocidad de lectura. Pero esto no es fácil de medir porque existen diferentes velocidades de aprendizaje. Algunos niños tienen una adquisición de lectoescritura más lenta, que puede manifestarse en una baja velocidad de lectura, sin que ello implique necesariamente una dislexia, sobre todo en las edades más tempranas. Es decir, no se puede diagnosticar dislexia teniendo en cuenta únicamente la baja velocidad de lectura ya que no es en sí mismo definitoria de dislexia. No hay consenso sobre la edad de iniciación a la lectura; por ejemplo, en los países de habla inglesa se comienza a los seis o siete años, mientras que en los países de habla hispana suelen ser más precoces en enseñar a leer y a escribir.

Entre las diferentes formas para detectar la dislexia hay que diferenciar: (i) protocolos de detección de riesgo de dislexia para docentes; (ii) herramientas de cribado (también detección de riesgo) para profesionales y en algunos casos para docentes y familias; y (iii) diagnóstico diferencial definitivo de dislexia, que solo puede efectuar un profesional especializado. Los protocolos están orientados sobre todo a docentes para detectar riesgo de dislexia en las aulas. Las pruebas de cribado tienen una fiabilidad alta, aunque nunca pueden sustituir a un diagnóstico diferencial profesional. Algunas pruebas de cribado pueden ser realizadas no solo por profesionales, sino también por profesionales no especializados, docentes y familias. Solo puede emitir un diagnóstico diferencial de dislexia un profesional especializado o, idealmente, un equipo multidisciplinar para poder discriminar la dislexia de otros trastornos cognitivos.

1.6.1. *Protocolos generales de detección de dislexia*

Los protocolos de detección de riesgo de dislexia están más orientados a docentes. Es más factible que un maestro o profesor detecte cualquier trastorno porque tiene una visión global del alumnado de la clase, donde puede observar los ritmos diferentes de los alumnos, mientras que para los padres es más difícil comparar. En la actualidad,

existen también diferentes protocolos de detección, como *Prodislex*, *Prodiscat*, la *Guía de Madrid con la Dislexia* o los protocolos de la *Agencia de Educación de Texas*.

1.6.2. Tests y herramientas de cribado

Los tests y las herramientas de cribado no ofrecen un diagnóstico diferencial, aunque asisten en el cribado de las posibles dificultades de lectura y escritura.

1.6.2.1. Etapa Infantil: test de Cuetos y otros

A los cuatro años se puede aplicar la prueba para la detección temprana de las dificultades en el aprendizaje de la lectura y escritura, de Cuetos y otros (5). Se trata de una prueba de cribado diseñada con 298 niñas y niños de 4 años. Todos los participantes fueron evaluados de forma individual, 122 en consulta pediátrica y 176 en colegios de Educación Infantil. La prueba consta de seis subtareas con cinco apartados cada una, que duran entre seis y diez minutos. Las seis subtareas evalúan los principales componentes del procesamiento fonológico: discriminación de fonemas, segmentación de sílabas, identificación de fonemas, repetición de pseudopalabras, memoria verbal a corto plazo y fluidez verbal. Cada subtarea se puntúa de 0 a 5, por lo que la puntuación total va de 0 a 30.

La puntuación promedio fue de 22,80 sobre un máximo de 30. Con el fin de proporcionar categorías cualitativas a partir de los datos cuantitativos, se consideran puntuaciones normales los valores comprendidos entre una desviación por encima y por debajo de la media. Si restamos una desviación y media, la puntuación de corte está en 16,17, estableciendo 16 como el punto de corte para los casos graves. Entre todos los participantes, treinta y un niños obtuvieron una puntuación de 16 o menos, el 10,4 % del total. Las categorías se han definido así: 1) entre 27 y 30 puntos, buen rendimiento; 2) entre 18 y 27 puntos, normal; 3) entre 16 y 18 puntos, dificultades leves; y 4) menos de 16 puntos, dificultades severas.

El alfa (α) de Cronbach se calculó con el número de aciertos en todas las pruebas, obteniendo un coeficiente muy alto (0,73) lo que confiere una alta fiabilidad a la prueba.

Para medir la validez de la prueba se calcularon las correlaciones entre las seis subpruebas, las cuales fueron todas altas, y todas estadísticamente significativas, excepto entre fluidez y segmentación. Las correlaciones con el total de la prueba fueron todas muy altas, la más alta de las cuales fue la identificación de fonemas, y la más baja, la fluidez verbal. Estas puntuaciones significan que la prueba es útil para detectar proble-

mas en el procesamiento fonológico y, en consecuencia, para predecir las dificultades en el aprendizaje de la lectoescritura.

En conclusión, los niños con una puntuación baja en esta prueba tendrán probablemente dificultades para leer y escribir, y el objetivo de esta prueba es, precisamente, evitar que se produzcan estas dificultades a través de una intervención temprana. Estudios realizados sobre intervención temprana han encontrado que, a los cuatro años, dada la plasticidad cerebral, las intervenciones logopédicas son mucho más exitosas.

1.6.2.2. A partir de 7 años en soporte papel: DST-J

En soporte en papel se encuentra la batería de detección del *Dyslexia Screening Test-Junior (DST-J)* (6) o Test para la detección de la dislexia en niños. Está orientado a niños de seis años y medio a once años y medio. Su aplicación debe realizarla un profesional y requiere entre veinticinco y cuarenta y cinco minutos. Está dirigido a profesionales tanto especializados como no especializados.

El *DST-J* es la segunda versión de la prueba, dirigida a niños para la detección de la dislexia y fue publicada en el Reino Unido en 1996. La primera versión se ha utilizado ampliamente en más de tres mil colegios del Reino Unido y también en el plano internacional.

La creación del *DST-J* es el resultado de examinar los puntos fuertes y débiles del *Dyslexia Screening Test (DST)* original. Se planteó la hipótesis de que las habilidades fonológicas pudieran haberse incrementado en el Reino Unido como consecuencia de la estrategia nacional de escolarización y se aprovechó esta oportunidad para volver a crear baremos de las pruebas de «segmentación fonémica» a partir de las respuestas de 774 niños de 6 a 11 años.

La prueba está formada por doce pruebas, divididas entre las de evaluación directa y las de evaluación indirecta. Las de evaluación directa son tres: lectura, copia y dictado. Estas pruebas se corresponden directamente con las principales dificultades de los niños con dislexia: lectura, escritura y ortografía. Además de ello, también miden la fluidez y la precisión de ejecución. Las pruebas indirectas nos proporcionan información para interpretar las causas de las dificultades en las pruebas directas y cuáles son las áreas sobre las que se necesita intervenir. Las nueve pruebas indirectas son: nombres (se evalúa el tiempo que se emplea en nombrar los dibujos de una página), coordinación (se mide contando las veces que un niño puede enhebrar un cordón durante treinta segundos), estabilidad postural, segmentación fonética (capacidad de fragmen-

tación de la palabra en los sonidos que la componen), dígitos inversos (recordar en orden inverso la secuencia de números, evalúa la memoria de trabajo) y lectura sin sentido (a través de pseudopalabras: indica dificultades en la ruta fonológica lectora), fluidez verbal, fluidez semántica y vocabulario.

Por cada tarea, el niño recibe unas puntuaciones, que, a su vez, se combinan dando lugar a un índice que señala la presencia de riesgo de dislexia en el niño y la magnitud de este: leve, moderado o alto. Además, el *DST-J* proporciona información sobre los puntos fuertes y débiles en la ejecución del niño.

1.6.2.3. A partir de 7 años través de la web: prueba Dyetective

En soporte digital, en la página web de Change Dyslexia (www.changedyslexia.org), se encuentra el test Dyetective, que combina ítems lingüísticos con aprendizaje automático (inteligencia artificial). Puede realizarse a partir de los 7 hasta 70 años, con una fiabilidad cercana al 90 %. Este test fue evaluado en más de 4.000 personas, y está disponible gratuitamente en www.changedyslexia.org. La herramienta tiene en consideración 197 variables por persona que se recogen a través de un test en línea de quince minutos de duración. Siguiendo las instrucciones, su aplicación puede ser realizada por parte de docentes, profesionales y/o padres.

La prueba consta de diferentes sets de pruebas en función de la edad. La aplicación informática selecciona un conjunto u otro de ítems o ejercicios: diecinueve sets para 7 y 8 años, veintisiete sets de 9 a 11 años, y treinta y un sets a partir de los 12 años. Para el diseño de los ítems se tuvieron en cuenta los patrones lingüísticos encontrados tras un análisis detallado de una gran cantidad de errores creados por personas con dislexia. Los ejercicios presentan tareas lingüísticas que contemplan uno o varios de los siguientes diecisiete indicadores: competencias lingüísticas (competencia alfabética, fónica - conciencia fonológica -, silábica, léxica, morfológica, sintáctica, semántica y ortográfica), así como procesos perceptivos de discriminación y categorización visual, discriminación y categorización auditiva, memoria de trabajo visual, secuencial visual, auditiva y secuencial auditiva, y finalmente las funciones ejecutivas centradas en la atención sostenida, selectiva y dividida. Recientemente, en 2018, el método que usa Dyetective ha sido evaluado con éxito para el inglés. Se describirá información más detallada de su desarrollo en el apartado específico de la prueba Dyetective.

1.7. ¿Quién puede diagnosticar la dislexia?

En la actualidad, solo un profesional especializado, y con conocimientos específicos, puede emitir un diagnóstico de dislexia. Los profesionales que lo realizan son logope-

das (o fonoaudiólogos), psicopedagogos, psicólogos, pedagogos, neuropsicólogos, neuropediatras o psiquiatras infantiles. No hay consenso sobre qué profesional es el más adecuado para realizar el diagnóstico. En lo que sí hay consenso es en que el profesional que lo haga debe estar especializado en dislexia —por ejemplo, si se trata de un psicólogo, debe estar especializado en trastornos del aprendizaje—. La situación ideal es que la evaluación y el diagnóstico se aborden de forma multidisciplinar. Esto garantiza que el diagnóstico sea diferencial, es decir, que contemple la posibilidad de otros trastornos específicos. Por ejemplo, mientras que un neuropsicólogo atenderá los aspectos cognitivos del sujeto, midiendo, por ejemplo, el cociente intelectual, un logopeda especializado podrá discriminar entre dislexia y un trastorno específico del lenguaje (TEL), y aportar pruebas específicas del lenguaje en el proceso diagnóstico.

En general, los diagnósticos profesionales no se suelen emitir antes de los 7 años, cuando el niño o la niña comienza a adquirir la lectoescritura. Sin embargo, hay profesionales que detectan precozmente el riesgo de dislexia antes de los 7 años usando protocolos y pruebas de cribado como el test de Cuetos (5).

Hay al menos tres razones por las que solo los profesionales pueden emitir diagnósticos. En primer lugar, es crucial que sea diferencial, y para ello hay que discriminar la dislexia de posibles comorbilidades, como son el trastorno de déficit de atención (TDA) o el trastorno específico del aprendizaje con dificultad matemática. En segundo lugar, existen diferentes grados de dislexia —a pesar de que el diagnóstico generalmente tiene un valor binario: se es o no se es disléxico—. Finalmente, el conjunto de profesionales que evalúan tienen que tener en cuenta las circunstancias y el historial personal del niño, factores que pueden influir en la adquisición del lenguaje.

Para hacer correctamente a un diagnóstico diferencial, las pruebas que se le suelen hacer son de diferente índole. En primer lugar, como screening, se suele aplicar un test que mide las capacidades cognitivas. Entre todos los test de inteligencia, el más usado y el que cuenta con más consenso por parte de la comunidad de profesionales es la batería *WISC*. Se basa en un enfoque de inteligencia global que mide diferentes habilidades intelectuales (comprensión verbal y razonamiento perceptivo, memoria de trabajo y velocidad del procesamiento) y da como resultado un cociente intelectual global. Para descartar posibles comorbilidades —por ejemplo, con el TDA—, se aplican otros tests que miden las funciones ejecutivas como son los tests de *Enfen*, *Nepsy* o *Banfe*, más usado en América Latina. Asimismo, para descartar que se trate únicamente de dificultades con el lenguaje escrito (dislexia) y no del lenguaje oral, como podría ser el

caso de un trastorno específico del lenguaje, se suele aplicar el *Illinois Test of Psycholinguistic Abilities* (ITPA o *Test Illinois de aptitudes psicolingüísticas*).

Entre los test de lectura y escritura que se aplican, los más usados son *Prolec*, *Prolec-R* y *Proesc* (este último para la evaluación de procesos de escritura), y *TALE* para las pruebas psicopedagógicas de aprendizajes instrumentales. El test referente más usado entre los profesionales para la valoración de la lectura es el test *Prolec-R* (4): una batería de evaluación de los procesos lectores revisada, cuyos baremos se han creado con una muestra de más de novecientos niños de entre 6 y 12 años. El test se centra en los procesos de la identificación de letras, el reconocimiento de palabras, y los procesos sintácticos y semánticos. La batería toma diecinueve puntuaciones que se agrupan en nueve tareas: identificación del nombre o sonido de las letras, discriminación de pseudo-palabras (igual/diferente), lectura de palabras, lectura de pseudopalabras, estructuras gramaticales, signos de puntuación, comprensión de oraciones, comprensión de textos y comprensión oral. Para llegar al baremo final, el profesional va recogiendo medidas de rendimiento relacionadas con la lectura, como la velocidad de lectura (palabras por minuto), errores de lectura, lectura de palabras, fluidez de lectura y comprensión de texto.

Muy probablemente, en el diagnóstico final no aparezca la palabra dislexia, ya que como se ha comentado en la última edición de la obra de referencia, el Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM-5), este término ya no se emplea y se sustituye por trastorno específico del aprendizaje, que en función de la persona se puede manifestar de manera dispar: 1) a través de dificultades en la lectura, 2) a través de dificultades en la expresión escrita; o 3) a través de dificultades matemáticas.

1.8. ¿Tiene «cura» la dislexia?

Como se deduce de todo lo presentado anteriormente, la dislexia no es una enfermedad, de modo que aplicar la palabra cura no es apropiado. Ahora bien, la pregunta correcta sería: ¿tiene solución la dislexia? En este caso, podemos decir que, aunque la dislexia sea para toda la vida, sí tiene solución. Con el trabajo y con el apoyo adecuado, la dislexia puede superarse, y las personas con dislexia podemos llegar a desarrollarnos profesionalmente sin que la dislexia lo impida.

En las últimas décadas, diversos estudios se han dedicado a investigar, usando diferentes técnicas de imagen como la resonancia magnética funcional (fMRI), las diferencias que se dan en la actividad cerebral entre las personas con y sin dislexia. Por otra parte, tras recibir intervención con metodologías adecuadas, se han observado aumen-

tos de volumen en la materia gris del cerebro de los niños con dislexia, entre otros hallazgos, que sustentan la necesidad de una detección temprana y una intervención oportuna validada científicamente (7). En la actualidad, los investigadores han comenzado a utilizar imágenes cerebrales o exploraciones fMRI para estudiar las fortalezas de las personas con dislexia.

2. LA HERRAMIENTA DYTECTIVE

2.1. La prueba de cribado Dyetective

2.1.1. *Aprendizaje automático*

El aprendizaje automático es la disciplina científica —una rama de la inteligencia artificial— que estudia algoritmos que pueden aprender de los datos y hacer predicciones. El resultado es un modelo que es capaz de generalizar comportamientos a partir de información suministrada en forma de ejemplos.

El aprendizaje automático está muy presente en nuestras vidas. No solo se usa para la clasificación de secuencias de ADN o el diseño de vehículos autónomos: a diario usamos aplicaciones que contienen modelos de aprendizaje automático. Por ejemplo, detrás de una búsqueda en la web o de una traducción automática, hay aprendizaje automático, también cuando hacemos una fotografía y el software informático realiza un reconocimiento facial. Sucede un proceso similar cuando escribimos un mensaje de texto y el móvil, mediante un programa de texto predictivo, nos sugiere la palabra que deseábamos escribir. Ahora bien ¿cómo funciona? Las máquinas no aprenden como los seres humanos, de manera consciente. Una máquina «aprende» a través de muchos ejemplos que puede clasificar. Por ejemplo, si un niño ve un libro por primera vez en su vida, sin importar el título, el tamaño o el color, no dudará en llamar «libro» al siguiente que vea. Una máquina, por el contrario, necesitará analizar decenas de miles de fotografías de libros de diferentes tipos para no fallar.

Hay dos tipos principales de aprendizaje automático: el supervisado y el no supervisado, en función de cómo aprende la máquina. El aprendizaje no supervisado es menos común y utiliza datos no etiquetados, dejando que la máquina encuentre patrones a partir de un análisis propio. Esto se usa, por ejemplo, en ventas, para realizar segmentación de clientes que no se conocen.

El aprendizaje automático supervisado es el más común. En este tipo de aprendizaje, los ejemplos a partir de los cuales la máquina aprende han sido previamente clasificados y

enriquecidos con información por parte de humanos. Por ejemplo, en un estudio de 2017 se usaron ciento treinta mil imágenes de lesiones cutáneas confirmadas por biopsia que representan más de dos mil enfermedades diferentes, etiquetadas con conocimiento profesional humano. Con dichos datos, los investigadores entrenaron un algoritmo de aprendizaje automático profundo, y la clasificación que llevaba a cabo el algoritmo era comparable a la que realizaron veintiún dermatólogos profesionales. En el futuro se espera hacer compatible este método para hacer predicciones desde el móvil mismo.

2.1.2. Detección de dislexia con aprendizaje automático

Las técnicas de aprendizaje automático se utilizan ampliamente en el diagnóstico médico. La primera vez que se aplicaron técnicas de aprendizaje automático para la detección de la dislexia fue con nuestro trabajo de 2015, con Miguel Ballesteros (entonces en la Universitat Pompeu Fabra) (17) a partir de los datos derivados del *eye-tracking* provenientes de los experimentos que realizamos entre los años 2010 y 2014. En este caso, el modelo se entrenó con 1.135 lecturas registradas por el *eye-tracker*. Estas lecturas pertenecían a 97 personas y casi la misma cantidad con y sin dislexia, cuya lengua nativa era el español. El modelo usa un clasificador binario lineal basado en máquinas de soporte vectorial (*support vector machine*, o SVM, por sus siglas en inglés) y alcanza un 80 % de exactitud con las variables más informativas. En este caso, las variables que resultaron más útiles para la clasificación fueron el tiempo de lectura, la duración media de las fijaciones y la edad del participante. Más tarde, en 2016, se realizó un estudio similar con el sueco, en el que se utilizaron medidas de *eye-tracking* y un modelo de aprendizaje automático parecido con 185 participantes, que alcanzó un 96 % de exactitud.

2.1.3. Diseño y evaluación de la prueba de cribado Dytective

Nuestro trabajo anterior, realizado con medidas de seguimiento ocular, supuso el primer paso para saber que los datos generados por las personas durante una prueba podían ser utilizados en combinación con aprendizaje automático para predecir la dislexia. Sin embargo, dado el alto coste de los aparatos de rastreo ocular, no permitía una implementación práctica y asequible en un contexto real. Con la motivación de poner el aprendizaje automático para realizar cribados de dislexia al alcance de todo el mundo, se realizó la investigación del test Dytective usando juegos lingüísticos. El diseño y las evaluaciones de este test para español (16) e inglés (20) las lideramos desde el *Human-Computer Interaction Institute* de la *Carnegie Mellon University*, en colaboración con un equipo multidisciplinar de ingenieros, psicólogos, médicos..., entre los que se encontraban Miguel Ballesteros (IBM Watson, entonces en la Carnegie Mellon University), Jeffrey P. Bigham (Carnegie Mellon University) y Miquel Serra (Universitat de

Barcelona), Nancy Cushen White (University of California, San Francisco), Enrique Romero (Universitat Politècnica de Catalunya) y Abdullah Ali (Washington University).

En primer lugar, se diseñaron los doscientos doce ítems, agrupados en treinta y dos conjuntos de ejercicios. Como los errores de las personas con dislexia manifiestan sus dificultades específicas, en el diseño de los ítems, tuvimos en cuenta el análisis empírico de errores realizados por personas con dislexia que recopilamos y analizamos, lingüística y visualmente, junto con Ricardo Baeza-Yates (Universitat Pompeu Fabra) y Joaquim Llisterri (Universitat Autònoma de Barcelona) (12).

En segundo lugar, estos ítems están compuestos de ejercicios lingüísticos y atencionales, y se dirigen a diferentes tipos de conocimiento y de procesos cognitivos relacionados con la lectura. Se contemplan las diferentes competencias lingüísticas: alfabética, fónica (conciencia fonológica), silábica, léxica, morfológica, sintáctica, semántica y ortográfica, así como otros factores relacionados con la dislexia, como los procesos perceptivos de discriminación y categorización visual, o los de discriminación y categorización auditiva; la memoria de trabajo visual, la secuencial visual, auditiva y secuencial auditiva; y finalmente las funciones ejecutivas centradas en la atención sostenida, selectiva y dividida. Para asegurar que se usaba una variante de español neutral, los ejercicios fueron revisados por cuatro lingüistas de Argentina, Chile, Colombia y España. Asimismo, cada ítem fue revisado por un equipo multidisciplinar compuesto por psicólogos, pediatras, logopedas, lingüistas y especialistas en interacción humano-ordenador. Asimismo, para asegurar que la discriminación y la categorización auditiva se realizaban correctamente, los ejercicios fueron grabados por una actriz de voz.

Finalmente, se realizaron una serie de estudios iterativos para comprobar que, efectivamente, cada población se comportaba de manera significativamente diferente cuando estaba expuesta a los ítems lingüísticos mientras jugaba a un prototipo de Dyetective. Por ejemplo, en un estudio (17) con cuarenta hablantes nativos de español de entre 7 y 10 años, veinte de ellos sin dislexia (promedio de 8,6 años) y veinte con dislexia diagnosticada (igual promedio de edad) se observaron diferencias significativas entre ambos grupos para todas las variables dependientes tomadas ($p < 0,001$). Más adelante, para probar la viabilidad del modelo usando el juego Dyetective, se llevó a cabo una evaluación usando una técnica de aprendizaje lineal de predicción con un número reducido de 343 participantes, con la que se logró una exactitud de 80%.

Tras los resultados preliminares de este enfoque, se llevó a cabo un estudio a gran escala liderado por la Carnegie Mellon University para crear datos de entrenamiento

suficientes para otro modelo de aprendizaje automático más actual, que se describe más adelante y que usa redes neuronales recurrentes.

Más de diez mil usuarios se enrolaron en el estudio, pero solo 4.039 usuarios de entre 7 y 75 años cumplieron finalmente con los criterios de inclusión. Todos ellos eran hablantes nativos de español. Los participantes con dislexia diagnosticada fueron 469 personas (230 mujeres, 239 hombres). Sus edades variaban de 7 a 54 años (promedio de 14,6 años). El grupo de participantes sin dislexia estaba compuesto por 3.570 personas (1.835 mujeres, 1.735 varones), con edades comprendidas entre los 7 y los 75 años (promedio de 12,6 años).

Para cuantificar el rendimiento de los participantes, se recopilaron las siguientes medidas dependientes para cada ítem: 1) número de clics; 2) número de respuestas correctas; 3) número de respuestas incorrectas; 4) puntuación, es decir, la suma de las puntuaciones correctas en el conjunto de ejercicios; 5) precisión, definida como número de respuestas correctas divididas entre el número de clics, y 6) tasa de error, definida como el número de errores divididos entre el número de clics.

Cómo había muchas más personas que no tenían dislexia, dividimos al azar estos participantes en ocho grupos, manteniendo las proporciones de sexo y edad, usando un muestreo estratificado. Luego escogimos al azar uno de estos grupos y lo unimos a los participantes con dislexia, obteniendo un total de 915 personas con edades de entre 7 y 70 años (promedio de 13,7 años), de las cuales 469 tenían dislexia (51,3 %) y 460 eran mujeres (50,3 %). Es decir, los datos estaban equilibrados en estas dos dimensiones.

El modelo usa un algoritmo de aprendizaje automático basado en árboles de decisión. Los árboles de decisión son cascadas de preguntas, por ejemplo, si es una mujer o si la edad es menor a 9 años, que van siguiendo un camino hasta que en la última pregunta se decide si la persona tiene o no dislexia (15). El modelo final es una colección de cientos de árboles (llamado bosque aleatorio, *Random Forest* en inglés) en la que cada árbol hace una predicción y luego se aplica una decisión democrática, escogiendo al final la respuesta mayoritaria. También se tuvo en cuenta que el no predecir que una persona tiene dislexia (falso negativo) es más grave que predecir que una persona sin dislexia sí la tiene (falso positivo), consideramos que el costo del primer error es aproximadamente un 20 % más importante. Usando T-SNE (*T-distributed Stochastic Neighbor Embedding*), una técnica para reducir el número de dimensiones de conjuntos de datos masivos y permitir así su visualización, se observó una buena separación entre

las dos clases; esto indica que el modelo puede aprender bastante bien qué secuencias de características corresponden a personas con y sin dislexia. Se puede observar en la Figura 1. La visualización de los 3.895 vectores aprendidos de los datos de entrenamiento con T-SNE, donde los puntos de datos amarillos son participantes sin dislexia, y los puntos de datos verdes son los participantes con dislexia.



Figura 1. La visualización de los 3.895 vectores aprendidos de los datos de entrenamiento con T-SNE, donde los puntos de datos amarillos son participantes sin dislexia, y los puntos de datos verdes son los participantes con dislexia.

El rendimiento del algoritmo se midió mediante una técnica llamada diez veces (*10-fold* en inglés). Esta técnica divide los datos en 10 grupos y realiza 10 experimentos, de modo que, en cada uno de ellos, uno de los grupos se usa para evaluar el modelo y los 9 restantes para entrenarlo. De este modo obtuvimos una eficacia del 80% (730 instancias correctas de 915). También utilizamos menos datos considerando la edad de los participantes y descubrimos que mientras los participantes son menores, el modelo es más efectivo.

Para entender cómo funcionan este tipo de modelos, se realiza un análisis de especificidad y precisión. Para la clase disléxica, la especificidad del modelo es 76% y la sensibilidad es 83%, mientras que, para la clase no disléxica, la especificidad es 83% y la sensibilidad es 77%. Los errores del algoritmo no tienen la misma consecuencia, ya que no predecir que un niño sí tiene dislexia, tiene un coste social mucho mayor que

decirle a otro niño, que no tiene dislexia, que debería ir a ver a un especialista, pues este último saldrá contento de la visita ya que no le detectará nada. Así que en la práctica es mejor usar un modelo más específico para las personas con dislexia tratando de no disminuir mucho la sensibilidad.

En el momento actual se están recogiendo más datos para mejorar el modelo y hacer que este sea más eficaz en la versión siguiente de la prueba de cribado Dyetective. Asimismo, el método ha sido adaptado para el inglés, teniendo en cuenta las características propias de las manifestaciones de la dislexia en esta lengua y usando como base el análisis lingüístico de errores en inglés.

En este momento, en colaboración con Enrique Romero (Universitat Politècnica de Catalunya), Joaquim Llisteri (Universitat Autònoma de Barcelona), los pediatras del Hospital de Lleida, Marta Ortega Bravo, José Luis Cruz Cubells, Lidia Sanz Borrell, Ramon Capdevila Bert y la Diputación de Lleida estamos trabajando en la investigación del test Dyetective para catalán, analizando lingüísticamente más de dos mil errores escritos por niños con dislexia, para la posterior extracción de patrones lingüísticos y la creación de la primera versión de los ítems del test.

Finalmente, en colaboración con Maria Rauschenberger, Ricardo Baeza-Yates, Emilia Gómez (Universitat Pompeu Fabra) y Jeff Bigham (Carnegie Mellon University) estamos explorando si elementos que son independientes del lenguaje, como son los elementos musicales o visuales, pueden servir para detectar el riesgo de dislexia prematuramente y de una manera universal, independientemente de la lengua y antes de que los niños aprendan a leer y escribir. Las diferencias significativas para grupos con y sin dislexia en alemán, español e inglés sugieren que puede tratarse de un enfoque válido (9 y 10).

2.2. DyetectiveU, herramienta de estimulación cognitiva

Dado que la dislexia es un trastorno del aprendizaje de origen neurobiológico no existe en el momento actual ningún tratamiento que lo corrija. Es necesario por lo tanto que las personas con dislexia desarrollen estrategias para superar los efectos negativos que comporta el trastorno cuando no se aborda su tratamiento. Las mejores prácticas actuales incluyen el tratamiento personalizado con un terapeuta y ejercicios regulares de lenguaje. Este tipo de tratamiento es costoso y, por lo tanto, no está ampliamente disponible, especialmente en los países en desarrollo de habla hispana donde estos trastornos son menos conocidos y, como se ha dicho previamente, pueden cursar como un trastorno oculto que no llega a diagnosticarse.

La herramienta DytectiveU (19) es el primer enfoque computarizado para mejorar las habilidades lingüísticas de los niños con dislexia. Los ejercicios se presentan a través de un juego para tableta o a través de la web. Fueron diseñados analizando lingüísticamente un corpus de errores cometidos por niños con dislexia. Los ejercicios se personalizan según las habilidades actuales del niño considerando 24 indicadores divididos en cinco grupos: (i) medidas de rendimiento, (ii) habilidades del lenguaje, (iii) memoria de trabajo, (iv) funciones ejecutivas y (v) procesos de percepción. Los ejercicios no solo ayudan a entrenar las debilidades del niño, también potencian sus fortalezas cognitivas únicas.

Hemos evaluado DytectiveU en cuatro escuelas con 61 niños con dislexia diagnosticada oficialmente, quiénes han jugado a DytectiveU durante 8 semanas. La condición control fue la terapia profesional que recibieron en su colegio. En la condición experimental, los niños jugaron a DytectiveU durante 20 minutos al día, 4 días a la semana, además de la terapia profesional existente. Utilizamos la prueba de detección de dislexia-Junior (DST-J), una prueba clínica estandarizada y ampliamente utilizada que mide habilidades lingüísticas. Pasamos esta prueba antes y después del estudio para comparar la evolución dentro de esos seis meses. Los resultados han aportado evidencia de que jugar a DytectiveU acelera significativamente la mejora de las habilidades relacionadas con el lenguaje. En la medida posterior a las 8 semanas de juego, los niños del grupo experimental demostraron una reducción significativamente más rápida de su riesgo de dislexia, evaluado gracias al cociente de riesgo global del DST-J.

Además, mostraron importantes mejoras significativas en la segmentación de fonemas, la lectura de pseudopalabras y la fluidez verbal en comparación con sus compañeros que solo recibieron la terapia profesional.

2.2.1. Herramientas de intervención computacional para la dislexia.

Los juegos de lenguaje son una estrategia prometedora para mejorar el lenguaje natural de las personas con dificultades del lenguaje. Para el idioma finlandés, Lyytinen et al. (2007) crearon un juego de computadora llamado *Literate*, más tarde llamado *GraphoGame*, para ayudar a los niños con dislexia e identificar a los niños con riesgo de tener dislexia antes de la edad escolar. Sus ejercicios están orientados a conectar grafemas (letras) y fonemas (sonidos). Llevaron a cabo dos estudios con 12 y 41 niños de 6 a 7 años con resultados prometedores. Kyle et al. (2013) compararon dos intervenciones de lectura asistida por computadora para el idioma inglés inspiradas en el juego de grafos finlandés: *GG Rime* y *GG Phoneme*. En ambos juegos, el objetivo es entrenar conexiones grafema-fonema, es decir, la conexión entre letras y sonidos. El jugador escucha sonidos o palabras y debe hacerlos coincidir con los objetivos visuales

(letras y secuencias de letras) que se muestran en la pantalla. *GG Rime* incluye familias de palabras que riman para reforzar las conexiones grafema-fonema. Kyle et al. (2013) realizaron un estudio de usuario con 31 niños de 6 y 7 años. Si bien los resultados indican que ambos juegos podrían beneficiar la capacidad de decodificación, no se encontraron efectos significativos, probablemente debido a un tamaño de muestra o un entrenamiento insuficiente.

Para el idioma español, *Galexia* se enfoca en la capacitación en fluidez de lectura y habilidades fonológicas. Un estudio pretest-postest con 46 niños con dificultades de lectura mostró efectividad para mejorar las habilidades de fluidez lectora en personas con dificultades de lectura en diferentes edades. El juego *Piruletras* (Dyseggia) (18) está compuesto por 7,500 ejercicios dirigidos a las habilidades lingüísticas para niños con dislexia en español, inglés y alemán. Una evaluación longitudinal realizada con 48 niños españoles con dislexia mostró una mejora significativa en sus habilidades de ortografía después de cuatro semanas de uso. Los niños cometieron significativamente menos errores ortográficos.

Franceschini et al. (2013) investigaron si los juegos de acción de computadora ayudan a los niños con dislexia a mejorar su capacidad de decodificación de palabras. En un experimento con 20 niños, observaron que los 10 niños de la condición experimental, que jugaban juegos de acción durante 9 sesiones (80 minutos cada uno), mejoraron sus habilidades de lectura significativamente (decodificación de pseudopalabras y lectura de textos) comparando con el grupo control que jugaba juegos sin acción. Los autores afirman que los juegos de acción mejoran la atención espacial y temporal de los niños, lo cual es esencial para decodificar palabras.

La brecha en estos trabajos mencionados es que cada uno de ellos se enfoca solo en una habilidad lingüística muy específica, que aborda el conocimiento alfabético y la conciencia fonológica, fluidez de lectura, habilidades de ortografía, o habilidades de atención.

Nuestro estudio avanza el estado del arte en tres aspectos: (i) comprende un enfoque holístico teniendo en cuenta más habilidades cognitivas (un total de 25 indicadores, incluyendo diferentes niveles lingüísticos así como habilidades de atención, entre otros) y (ii) personaliza los ejercicios de acuerdo con el rendimiento del usuario en relación con sus habilidades cognitivas específicas, que evolucionan de manera diferente en cada niño (por ejemplo, en función de su diagnóstico, comorbilidades e historial personal). Finalmente, (iii) nuestro método difiere del resto en la estimulación de los puntos

cognitivos más fuertes del usuario, ya que las fortalezas son cruciales para crear mecanismos de afrontamiento para superar las dificultades.

2.2.2. Diseño de DydetectiveU

La herramienta DydetectiveU tiene dos partes: un videojuego para niños (Figura 2) y un programa de soporte para padres, terapeutas profesionales y maestros (Figura 3). Cuando un niño comienza a jugar a DydetectiveU, su avatar ingresa en una academia de detectives donde deben resolver los desafíos lingüísticos que duran alrededor de 15 minutos. Cada uno de los desafíos está compuesto por un conjunto de ejercicios personalizado. Los supervisores (padres, profesionales, profesores) pueden acceder al informe de la evolución del progreso de los niños y personalizar aun más los desafíos de acuerdo con las necesidades de los niños (Figura 3).



Figura 2. Capturas de pantalla de DydetectiveU. Pantalla de inicio (izquierda arriba), mundo por donde se mueve el automóvil (derecha arriba), historia en la academia de detectives (izquierda abajo) y personalización del avatar (derecha abajo).

Diseño del contenido. DydetectiveU cuenta con 40,000 ejercicios que fueron creados manualmente por lingüistas y psicólogos utilizando dos recursos lingüísticos: (a) los patrones lingüísticos extraídos a través de un conjunto de errores cometidos por personas con dislexia; y (b) los recursos de lenguaje que se generan utilizando técnicas de procesamiento de lenguaje natural, es decir, una lista de las palabras más frecuentes para diferentes contextos, una lista de palabras agrupadas por su número de sílabas,

una lista de palabras que incluyen pares de palabras que son similares fonológica y ortográficamente, una lista de conjuntos de confusión (grupos de palabras que tienden a confundirse entre sí), una lista de pares mínimos (grupos de palabras con distancia de Hamming iguales entre sí), etc. Hay 54 tipos de ejercicios dependiendo del elemento lingüístico y la capacidad cognitiva a la que se dirigen y 11 tipos diferentes de tareas, como encontrar un elemento en un juego de «aplantar a un topo», hacer clic en un elemento de una frase o eliminar una letra (Figura 4).

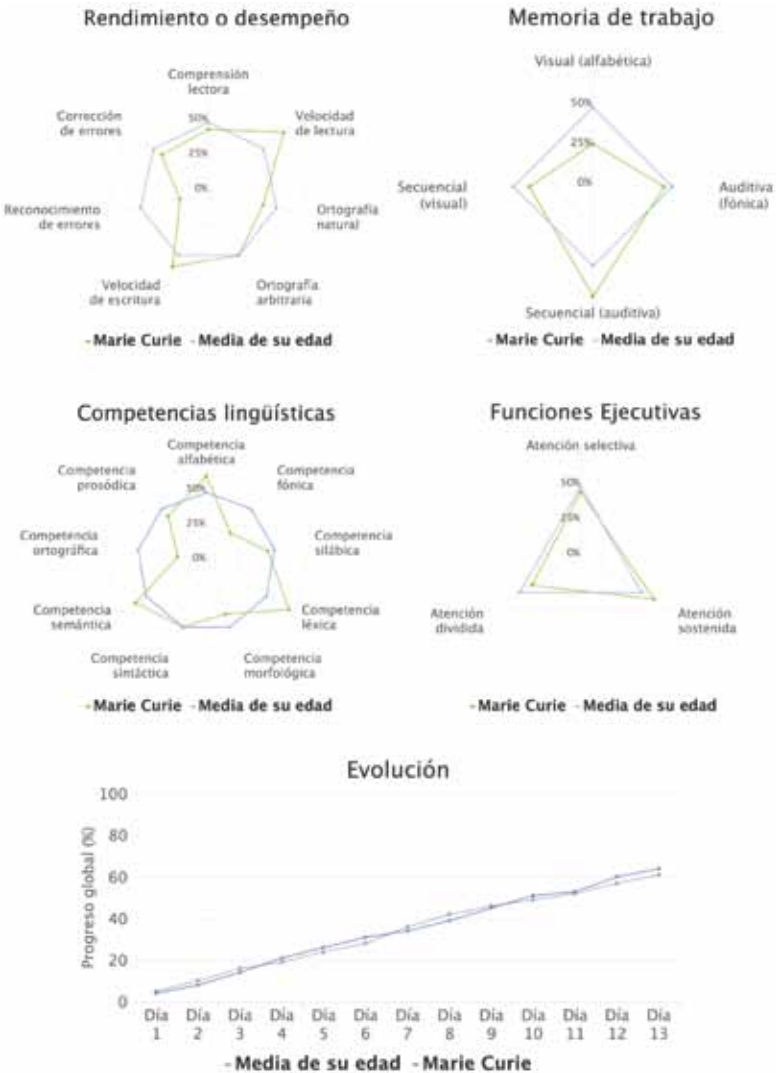


Figura 3. Informes de actividad y evolución de DyctectiveU para supervisores: funciones ejecutivas (izquierda), medidas de desempeño (centro) y evolución general (derecha).



Figura 4. Capturas de pantalla de los ejercicios de DytectiveU. «Haz clic sobre el elemento diferente» (izquierda arriba), «Sustituye para crear la palabra correcta» (izquierda derecha), «Encuentra los pares iguales» (derecha arriba) y «Encuentra el error» (derecha abajo).

Habilidades cognitivas. Cada uno de los ejercicios aborda tres o más de las 18 habilidades cognitivas y 7 medidas de rendimiento (**Tabla 1**). Para asegurarnos de que los ejercicios se centren no solo en los puntos débiles sino también en los puntos fuertes de los niños, etiquetamos los ejercicios con una o más de las siguientes habilidades cognitivas relacionadas con las dificultades de aprendizaje a las que va dirigido DytectiveU (**Tabla 1**):

- (i) Habilidades del lenguaje, es decir, niveles de análisis lingüísticos, como fonológico, morfológico, sintáctico, semántico, prosódicos,... (**Tabla 1**), ya que los niños con dislexia y TDAH presentan problemas específicos del lenguaje en diferentes niveles del idioma.
- (ii) Las funciones ejecutivas (nos centramos en la atención entre todas las funciones ejecutivas) son cruciales para superar estas dificultades de aprendizaje.
- (iii) Los procesos perceptivos de discriminación auditiva y visual, así como la memoria de trabajo, ya que el desarrollo de estos son cruciales para superar estos trastornos.

TABLA 1. LOS 25 INDICADORES (CAPACIDADES COGNITIVAS Y MEDIDAS DE RENDIMIENTO) UTILIZADOS EN DYTECTIVEU PARA LA PERSONALIZACIÓN DE LOS EJERCICIOS	
COMPETENCIAS LINGÜÍSTICAS	MEDIDAS DE RENDIMIENTO
Competencia alfabética	Comprensión lectora
Competencia fónica o conciencia fonológica	Velocidad de lectura
Competencia silábica	Ortografía natural
Competencia léxica	Ortografía arbitraria
Competencia morfológica	Velocidad de escritura
Competencia sintáctica	Reconocimiento de errores
Competencia semántica	Corrección de errores
Competencia ortográfica	
Competencia prosódica	
MEMORIA DE TRABAJO	FUNCIONES EJECUTIVAS
Visual	Atención sostenida
Auditiva	Atención selectiva
Secuencial (visual)	Atención dividida
Secuencial (auditiva)	
PROCESOS PERCEPTIVOS	
Discriminación y categorización visual	
Discriminación y categorización auditiva	

Personalización automática. La herramienta se compone de 124 desafíos (de 15 a 20 minutos de duración) que incluyen un conjunto de 9 a 11 juegos. Cada juego está compuesto de múltiples ejercicios por tiempo limitado. Cuantos más ejercicios de juego resuelve un jugador, más puntos se otorgan. Estos puntos se pueden usar para personalizar el avatar. Para cada ejercicio, reunimos un conjunto de variables dependientes (número de clics, golpes, velocidad, exactitud y eficiencia). Luego, utilizamos estas variables para personalizar los ejercicios teniendo en cuenta (a) el rendimiento del participante y (b) el desarrollo de las habilidades cognitivas del participante.

Las variables dependientes miden 7 categorías de habilidades de lectura y escritura: comprensión lectora, velocidad de lectura, ortografía natural, ortografía arbitraria, velocidad de escritura, reconocimiento de errores y corrección de errores.

Estas medidas se asignan posteriormente a cada una de las habilidades cognitivas de la **Tabla 1**. Por lo tanto, dependiendo del rendimiento del usuario por capacidad cognitiva en comparación con los otros usuarios de su edad, la herramienta selecciona los ejercicios de los desafíos subsiguientes para fortalecer las habilidades cognitivas más débiles o para desafiar las habilidades cognitivas más fuertes con ejercicios más difíciles.

Niveles de dificultad. Los ejercicios tienen cinco niveles de dificultad. Fueron diseñados teniendo en cuenta las dificultades de las personas con dislexia, que normalmente tienen más dificultades con palabras más largas y menos frecuentes, palabras semejantes entre sí en ortografía y/o pronunciación, y palabras con morfología compleja. Por lo tanto, en los niveles de mayor dificultad, la palabra objetivo es menos frecuente, más larga, tiene una morfología más compleja y tiene una mayor similitud fonética y ortográfica con otras palabras.

Informes y personalización por parte de los terapeutas. La herramienta presenta tres tipos de informes: (i) una evaluación del jugador en comparación con el percentil del resto de jugadores de la misma edad, y (ii) la evolución del jugador en el tiempo por habilidad cognitiva. Las medidas utilizadas son Precisión (porcentaje de ejercicios correctos) y Eficiencia, teniendo en cuenta Precisión y Velocidad. Hay dos versiones de DytectiveU, una para familias que muestra informes con solo medidas de rendimiento y otra diseñada para terapeutas profesionales. Esa versión le permite al terapeuta acceder a informes más detallados (uno por habilidad cognitiva) y a la personalización manual de los ejercicios, teniendo en cuenta los elementos lingüísticos y las habilidades cognitivas que desean estimular.

Gamificación y funcionalidades. Completamos una campaña de *crowdfunding* para financiar el desarrollo de DyetectiveU e involucramos a los colaboradores de la campaña en el proceso de creación de la herramienta. Doce familias con niños con dislexia, de 6 a 18 años, y 6 terapeutas profesionales asistieron a un taller de prueba de concepto. Los resultados del taller se materializaron en las funcionalidades de la herramienta, como el uso de informes y la mayoría de las estrategias de gamificación del juego. Por ejemplo, los niños eligieron la configuración del juego (una misión para atrapar al personaje malo) y el diseño de los personajes, así como los premios (elegir el auto para moverse por el juego) (Figura 2).

Diseño del texto. Las propiedades del texto, como la fuente o el tamaño de la fuente, tienen un impacto significativo en el rendimiento de la lectura en las pantallas de los ordenadores, en particular en los niños con dificultades de lectura. Por lo tanto, la interfaz de DyetectiveU implementa las pautas recomendadas en los últimos hallazgos en la investigación de accesibilidad para garantizar la mejor legibilidad del texto en pantalla para este grupo objetivo. El texto se presenta utilizando las fuentes sans serif y un tamaño de fuente mínimo de 14 puntos (2).

2.2.3. Evaluación de DyetectiveU

Para estudiar el efecto de jugar a DyetectiveU en la mejora de la lectura y la escritura de los niños con dislexia, realizamos un experimento en cuatro escuelas primarias con 61 niños. Todos ellos fueron diagnosticados oficialmente con dislexia. Nuestra principal hipótesis fue que los ejercicios personalizados realizados por DyetectiveU, además de la terapia regular, acelerarán significativamente la mejora de las habilidades lingüísticas de los niños con dislexia.

Pre y post-tests: DST-J. Para tener evidencia de si DyetectiveU acelera la mejora de los niños con dislexia, necesitamos cuantificar en qué medida los niños se vieron afectados por la dislexia antes y después del experimento. Por lo tanto, utilizamos la Prueba de detección de dislexia - Junior (DST- J). La DST-J es una prueba estandarizada para identificar niños que están en riesgo de dislexia. Mide el rendimiento relacionado con el lenguaje de los niños en 12 aspectos de la lecto-escritura y los combina en un cociente de riesgo global, que cuantifica en qué medida los niños están en riesgo de fracaso escolar debido a la dislexia. Utilizamos la primera versión de la prueba que se ha utilizado ampliamente en más de 3.000 escuelas en el Reino Unido e internacionalmente. La prueba se realiza en papel y es adecuada para niños de edades comprendidas entre los 6 años y medio y los 11 años y medio. Tiene una duración de 25 a 45 minutos y está disponible en inglés y español. La prueba consta de las siguientes

12 subpruebas: denominación rápida, enhebrado de bolas, lectura de palabras, estabilidad postural, segmentación fonémica, ortografía, dígitos inversos, lectura de pseudo-palabras, transcripción, fluidez verbal, fluidez semántica y vocabulario.

Participantes. Los padres de 4 escuelas fueron invitados a permitir que sus hijos participen en el estudio. Al principio, los maestros de las escuelas seleccionaron grupos de posibles participantes con dislexia en las cuatro escuelas. Luego, se invitó a las familias de estos posibles participantes a participar en el estudio. 61 niños (32 niñas y 29 niños) que fueron diagnosticados de dislexia participaron en el estudio. Sus edades oscilaron entre los 6 y los 11 años ($M = 8,10$). 56 niños tenían el español como lengua materna, 2 tagalog, 1 bengalí, 1 francés y 1 polaco. 39 de los niños (63,9%) jugaban a juegos de ordenador regularmente en el hogar, 19 (31,1%) jugaban solo a veces, y solo 3 niños (4,9%) no jugaban a juegos de ordenador en su casa.

Todos los niños ya asistían a terapia profesional relacionada con la dislexia administrada por terapeutas del colegio. Antes del estudio, el riesgo promedio, según lo determinado por el cociente de riesgo global estándar del DST-J, era de 1,30. En promedio, la prueba consideró a los niños participantes como de alto riesgo según las puntuaciones de las evaluaciones

Diseño experimental. Para establecer una relación causal entre jugar a DytectiveU y las mejoras en la puntuación de riesgo DST-J, diseñamos el estudio como un experimento con dos condiciones. En la condición experimental, los niños jugaron a DytectiveU 4 veces por semana durante 20 minutos, además del encuentro con su terapeuta. En la condición control, los niños solo continuaron reuniéndose con su terapeuta como de costumbre, pero no jugaron a DytectiveU. Los niños fueron asignados al azar a los dos grupos. El promedio de los indicadores de riesgo global antes del estudio fue el mismo para ambos grupos (M control = 1,31 y M experimental = 1,30), según la prueba DST-J. Como variables dependientes, utilizamos la mejora de las puntuaciones DST-J entre el pre y el post-test. Por ejemplo, si un niño obtuvo un puntaje de riesgo de 1,3 en la prueba previa y un puntaje de riesgo de 1,0 en la prueba posterior, consideramos que esto es una mejora de 0,3 unidades.

Procedimiento. Todos los padres de los participantes dieron su consentimiento informado siguiendo los protocolos aprobados por nuestra junta de revisión institucional (IRB). Del mismo modo, les pedimos a los padres que se aseguraran y confirmaran por escrito que los niños de cualquiera de los grupos no jugarían a DytectiveU en casa durante el período de estudio (seis meses).

Antes del estudio, administramos la prueba DST-J para evaluar la puntuación de riesgo. En segundo lugar, aplicamos un cuestionario para recopilar información demográfica: edad, sexo, año escolar, calificaciones escolares de sus idiomas nativos y hábitos de jugar juegos en dispositivos móviles.

Dado que se recomienda que el DST-J se aplique solo cada seis meses, nos aseguramos de que hubiera pasado suficiente tiempo entre la prueba previa y la posterior. Las pruebas preliminares se realizaron durante julio, agosto y principios de septiembre de 2017. El estudio se realizó durante enero y febrero de 2018. La prueba posterior se administró en abril de 2018.

Las sesiones se llevaron a cabo en cuatro escuelas en Madrid (España) y fueron supervisadas por el consejero escolar o el terapeuta local. Durante las pausas del almuerzo, los niños del grupo experimental fueron a un aula tranquila, donde jugaron el juego durante 20 minutos.

Resultados. Para cada una de las puntuaciones analizadas, primero se realizó una prueba de Levene para verificar si las variaciones en el control y en el grupo experimental eran lo suficientemente iguales como para usar pruebas paramétricas. Utilizamos la mediana como medida de tendencia central, la desviación media absoluta (MAD) como medida de varianza, las pruebas de Mann-Whitney-U para verificar la significación estadística e informamos el delta de Cliff para cuantificar el tamaño del efecto. El análisis estadístico encontró efectos estadísticamente significativos al jugar a DyetectiveU en el cociente de riesgo global medido con la prueba *DST-J*, así como en 3 de las 12 sub-tareas del DST-J. A continuación, presentamos los detalles de esas 4 medidas dependientes significativas (**Tabla 2**).

Cociente de Riesgo Global del DST-J. Encontramos un efecto significativo entre jugar DyetectiveU y las mejoras del cociente de riesgo global DST-J. Una prueba de Levene mostró que las variaciones de los deltas en ambos grupos son suficientemente iguales ($W(1; 60) = 1.95$; $p = 0.168$) para usar pruebas paramétricas. Los niños en el grupo control mejoraron de un cociente inicial promedio de 1,31 a uno de 1,11 ($= 0.2$). Los deltas entre las pruebas previas y posteriores variaron de -0,590 a 0,920 ($Mdn = 0.240$; $M = 0.200$; $SD = 0.368$). Los niños en el grupo experimental, en contraste, mejoraron de un cociente inicial de 1,30 a 0,78 ($= 0.52$). Una prueba *t* de muestras independientes reveló un efecto significativo de jugar DyetectiveU en el delta entre las pruebas previas y posteriores ($t = -2.733$; $p = 0.008$). El tamaño del efecto (Cohen's $d = 0.710$) indica significación práctica media.

TABLA 2. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE EL GRUPO EXPERIMENTAL Y EL CONTROL, EN LAS MEDIDAS PRE Y POST ENTRENAMIENTO EN DYTECTIVEU CON EL TEST DST-J

MEDIDAS	CONTROL			EXPERIMENTAL			SIG.	EFECTO
	Media DST-J			Media DST-J			p	Tamaño
	Pre	Post	Δ	Pre	Post	Δ		
Nombres	21,2	32,7	11,5	30,1	41,2	11,1	,948	,017
Coordinación	25,1	27,5	2,6	38,5	41,5	3,0	,949	-,017
Lectura	21,5	26,5	4,9	22,6	27,1	4,5	,938	,020
Estabilidad postural	28,6	27,9	-,9	31,4	30,3	-1,1	,980	,007
Segmentación fonémica	29,8	36,4	8,6	26,1	53,8	28,1	,008	,366
Dictado	19,8	29,1	9,3	15,4	31,1	15,7	,303	-,271
Dígitos inversos	36,4	45,7	9,3	31,8	45,6	13,8	,595	-,139
Lectura sin sentido	23,3	19,3	-4,0	15,9	31,9	15,9	,002	-,824
Copia	11,1	25,0	13,9	10,9	30,5	19,7	,333	-,255
Fluidez Verbal	35,3	34,8	-,5	22,1	41,7	19,7	,003	-,819
Fluidez Semántica	34,3	42,0	7,7	38,7	53,5	14,8	,338	-,252
Vocabulario	37,3	42,1	4,8	50,7	50,7	,0	,427	,208
Índice de Riesgo Global	1,31	1,11	-,2	1,30	,78	-,52	,008	,710

Ambos grupos comenzaron como de alto riesgo según el cociente de riesgo global DST-J. En el transcurso de los 6 meses entre las pruebas, los niños del grupo de control mejoraron a riesgo medio, mientras que los niños del grupo experimental mejoraron a riesgo bajo.

Segmentación fonémica. La segmentación de fonemas mejoró notablemente más rápido para los niños que jugaron a DyetectiveU. Una prueba de Levene reveló que las varianzas no eran suficientemente iguales ($W(1; 57) = 6,00$; $p = 0,017$), por lo que utilizamos estadísticas no paramétricas para el análisis de esta subprueba. En la condición de control, las puntuaciones mejoraron en una mediana de 10 puntos ($MAD = 14,8$). En el experimento, las puntuaciones mejoraron en una mediana de 25 puntos ($MAD = 23,9$). Para poner los resultados en perspectiva, recuerde que las puntuaciones de las subpruebas están en una escala de 0 a 100. Una prueba de rangos de Mann-Whitney reveló un efecto importante de jugar a DyetectiveU en las puntuaciones de segmentación de fonemas ($U = 266$; $p = 0,008$). El tamaño del efecto (delta de $Cl_i = 0,366$) indica significación práctica media.

Lectura de pseudopalabras. La lectura de pseudopalabras mejoró notablemente más rápido para los niños que jugaban a DyetectiveU. Una prueba de Levene reveló que las variaciones eran suficientemente iguales ($W(1; 60) = 0,61$; $p = 0,437$) para usar pruebas paramétricas. En la condición de control, las puntuaciones disminuyeron en una media de 4 puntos ($SD = 25,6$). En el experimento, las puntuaciones mejoraron en una media de 15,9 puntos ($DE = 23,6$). Una prueba t de muestras independientes reveló un efecto significativo al jugar a DyetectiveU en Lectura de pseudopalabras ($t = -3,162$; $p = 0,002$). El tamaño del efecto (Cohen's $d = 0,824$) indica una gran importancia práctica.

Fluidez Verbal. La fluidez verbal mejoró notablemente más rápido para los niños que jugaron a DyetectiveU. Una prueba de Levene reveló que las varianzas eran suficientemente iguales ($W(1; 60) = 0,65$; $p = 0,423$) para usar pruebas paramétricas. En la condición de control, la puntuación promedio se mantuvo prácticamente sin cambios ($M = -0,484$; $SD = 24,6$). En el experimento, la puntuación promedio mejoró en 19,7 puntos ($SD = 25,4$). Una prueba t de muestras independientes reveló un efecto significativo de jugar a DyetectiveU en la fluidez verbal ($t = -3,146$; $p = 0,003$). El tamaño del efecto (d de Cohen = $0,819$) indica una gran importancia práctica.

Discusión de los resultados. Los resultados proporcionan evidencia de que 20 minutos, 4 días a la semana de jugar a DyetectiveU, además de la terapia de lenguaje

existente, reduce significativamente el riesgo de dislexia, según la evaluación con el DST-J. En particular, observamos mejoras significativamente más rápidas en las habilidades de la Segmentación Fonémica, Lectura de Pseudopalabras y Fluidez Verbal, que son tareas que están directamente relacionadas con las habilidades del lenguaje.

Mejora del riesgo global de dislexia. Lo más sorprendente del estudio es que jugar a DyetectiveU consiguió que los niños del grupo experimental mejoraran su factor de riesgo, medido por el cociente de riesgo global DST-J, siendo la mejora significativamente más rápida que en los niños del grupo de control. Al comienzo del experimento, el DST-J clasificó a los niños de ambos grupos como de alto riesgo. Después de seis semanas, los 16 niños del grupo de control habían mejorado en un nivel pasando de riesgo alto a medio. En contraste, los niños del grupo experimental habían mejorado en dos niveles pasando de riesgo alto a bajo. Al interpretar estos resultados, es importante comprender que la dislexia, como condición neurológica, no desaparece con el tiempo. El enfoque principal de los tratamientos existentes es disminuir la gravedad de los síntomas y las manifestaciones de la dislexia mediante la enseñanza de estrategias de afrontamiento. Es decir, debemos interpretar los resultados como una indicación de que jugar a DyetectiveU sumado a la terapia existente, enseñó a los niños estrategias efectivas para enfrentar mejor la dificultad de aprendizaje, que no se hubieran desarrollado sin el juego.

Segmentación fonémica, lectura de pseudopalabras y fluidez verbal. La segmentación fonémica y la lectura de pseudopalabras mejoraron significativamente más rápido para los niños del grupo experimental. Ambas son tareas clásicas para medir la lectura y están directamente relacionadas con la conciencia fonológica, que es un requisito previo para la correcta lectura y escritura. La conciencia fonológica está íntimamente relacionada con la dislexia. De hecho, la definición de dislexia adoptada por la *Asociación Internacional de Dislexia* subraya específicamente que las dificultades de dislexia suelen ser el resultado de una dificultad en el componente fonológico del lenguaje, que suele ser inconsistente con otras habilidades cognitivas y con su nivel educativo. Además, la fluidez verbal mejoró significativamente más rápido para los niños en el grupo experimental. Dado que los ejercicios se enfocan principalmente en las habilidades de lectura y escritura, puede ser sorprendente que los niños mejoren su fluidez verbal. Sin embargo, la tarea del DST-J para la fluidez verbal mide la cantidad de palabras que un niño puede nombrar en un minuto a través de una carta dada como estímulo. Una posible explicación para esto es que DyetectiveU muestra una gran variedad de palabras a los niños que podrían llevar a un aumento de su vocabulario.

Actualmente estamos trabajando tres aspectos: primero, comprender mejor por qué se observaron mejoras significativas en la segmentación de fonemas, la lectura de pseudopalabras y la fluidez verbal, pero no en otras medidas; segundo, estamos explorando la posibilidad de mejorar las nueve habilidades restantes; y tercero, en trabajo futuro estudiaremos si los efectos positivos también están presentes cuando el tratamiento profesional está ausente o cuando se incluyen otros juegos validados.

3. CONCLUSIONES

La dislexia es una dificultad de aprendizaje de origen neurobiológico que causa fracaso escolar. Se trata de una dificultad muy frecuente que puede afectar alrededor del 7-10% de la población escolar. A menudo no se detecta y permanece como un trastorno oculto, sin poder trabajar para ponerle solución y generando enormes consecuencias negativas en la vida de estos niños y sus familias. Asimismo, hemos presentado la herramienta Dyetective, que engloba Dyetective Test y DyetectiveU, para tratar la problemática social de la dislexia.

La herramienta Dyetective Test es una prueba de cribado de dislexia (no un diagnóstico) usa aprendizaje automático (un tipo inteligencia artificial). Esta prueba permite cribar riesgo de dislexia siendo un instrumento accesible -es gratuito- para docentes y profesionales.

DyetectiveU es un método integrado en un videojuego para mejorar las habilidades lingüísticas de los niños en edades escolares que oscilan entre los 6 y los 11 años. El método se compone de ejercicios lingüísticos y de atención que se crearon teniendo en cuenta los patrones lingüísticos que se encuentran en los errores de los niños con dificultades de lectura y escritura. DyetectiveU personaliza los ejercicios basados en el desempeño de los niños con dislexia, con 25 habilidades cognitivas, enfocándose tanto en puntos débiles como en las fortalezas. Los resultados de la evaluación longitudinal muestran que este método, utilizado además de la terapia escolar existente, puede tener un impacto significativo en la aceleración de la reducción del riesgo de dislexia, medido por el cociente de riesgo global de la prueba de detección de dislexia DST-J. Además, encontramos mejoras significativamente más rápidas en la segmentación de fonemas, lectura de pseudopalabras y fluidez verbal.

Desde su aparición, la prueba de cribado Dyetective ha sido utilizado en más de 200.000 ocasiones en casi cien países. Asimismo, DyetectiveU ha sido adoptado por la

Comunidad Autónoma de Madrid y se utiliza en 107 colegios públicos. En la actualidad nos hayamos colaborando con la comunidad médica realizando una validación externa de la prueba de cribado Dyteactive así como de DyteactiveU, confiamos en que su uso puede resultar valioso en el ámbito pediátrico.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Psychiatric Association (2013). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, DSM-5, American Psychiatric Publishing, Washington.
2. British Dyslexia Association, 2012. Dyslexia style guide. <http://www.bdadyslexia.org.uk>
3. Carrillo Gallego MS, Alegría Iscoa J, Miranda López P, Sánchez Pérez N. Evaluación de la dislexia en la escuela primaria: Prevalencia en español. *Escritos de Psicología* 2011; 4: 35-44.
4. Cuetos F, Rodríguez B, Ruano E, Arribas D. (2014). Prolec-R. Batería de evaluación de los procesos lectores, Revisada (5ª edición). Madrid: TEA Ediciones.
5. Cuetos F, Suárez-Coalla P, Molina MI, Llenderrozas MC. Test para la detección temprana de las dificultades en el aprendizaje de la lectura y escritura. *Rev Pediatr Aten Primaria*. 2015;17: e99-e107.
6. Fawcett A, Nicolson R. (2004). The Dyslexia Screening Test: Junior (DST-J). Pearson Assessment.
7. Gabrieli JD. Dyslexia: a new synergy between education and cognitive neuroscience. *Science*. 2009; 325:280-283.
8. Jiménez JE, Guzmán R, Rodríguez C. Prevalencia de las dificultades específicas de aprendizaje: la dislexia en español. *Anales de Psicología*. 2009; 25:78.
9. Rauschenberger M, Rello L, Baeza-Yates R, Bigham JP. Towards language independent detection of dyslexia with a web-based game. In: W4A'18 Proceedings of the Internet of Accessible Things. 1 ed. New York: ACM; 2018;17
10. Rauschenberger M, Rello L, Baeza-Yates R, Gómez E, Bigham, J P. Towards the prediction of dyslexia by a web-based game with musical elements. In: W4A'17 Proceedings of the 14th Web for All Conference on The Future of Accessible Work, New York: ACM; 2017; 23.
11. Rello L. (2018). Superar la dislexia: una experiencia personal a través de la investigación. Ediciones Paidós.
12. Rello L, Baeza-Yates R, Llisterri J. A resource of errors written in Spanish by people with dyslexia and its linguistic, phonetic and visual analysis. *Language Resources and Evaluation*. 2017; 51: 379-408.
13. Rello L, Baeza-Yates R, Pavón C, Ros C. (2018). Prevalencia de riesgo de dislexia en población escolar en la Comunidad Autónoma de Madrid (artículo pendiente publicación).
14. Rello L, Ballesteros M. Detecting readers with dyslexia using machine learning with eye tracking measures. In proceedings of the 12th Web for All Conference. ACM; 2015: N° 16.

15. Rello L, Ballesteros M. (2017). Data Processing System to Detect Neurodevelopmental-Specific Learning Disorders, U.S. Patent No.15/493,060. Pittsburgh: Carnegie Mellon University.
16. Rello L, Ballesteros M, Ali A, Serra M, Sánchez DA, Bigham JP. Dytective: Diagnosing risk of dyslexia with a game. In proceedings of the 10th EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare.2016: 89-96.
17. Rello L, Ballesteros M, Bigham, JP. A spellchecker for dyslexia. In: proceedings of the 17th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility. ACM; 2015: 39-47.
18. Rello L, Bayarri C, Otal Y, Pielot, P. A computer-based method to improve the spelling of children with dyslexia using errors In: proceedings of the 16th International ACM SIGACCESS Conference of computers and accessibility. 2014. Rochester, USA.
19. Rello L, Bigham JP, Macías A, de Ros, C, Álvarez-Cedrón A, García Bermejo R, y cols. (2018). DytectiveU: A computer-based method to improve the language skills of children with dyslexia (artículo pendiente publicación).
20. Rello L, Romero E, Rauschenberger M, Ali A, Williams K, Bigham JP, White NC. Screening Dyslexia for English Using HCI Measures and Machine Learning, en DH'18 Proceedings of the 2018 International Digital Health Conference. 2018:80-84 doi.org/10.1145/3194658.3194675.