

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

ESTADO DEL ARTE SOBRE TECNOLOGÍAS PARA EL APOYO AL DIAGNÓSTICO Y MANEJO DE TRASTORNOS ESPECÍFICOS DEL APRENDIZAJE, DISPONIBLE EN LITERATURA CIENTÍFICA Y ENTORNOS COMERCIALES

Jorge Luis Arango Morales

Tecnología en Sistemas de Información

Directora:

Gloria Mercedes Díaz Cabrera, PhD.

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO
4 de mayo de 2017

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

Los Trastornos Específicos del Aprendizaje (TEA), se definen como “una dificultad en el aprendizaje y en la utilización de las aptitudes académicas” (American Psychiatric Association, 2014). En el DSM-V¹, en su sección de trastornos del desarrollo neurológico, se indica que estos se evidencian por, al menos, un síntoma como: lectura imprecisa, lenta y con esfuerzo de palabras, dificultades para comprender el significado de lo que se lee o para escribir correctamente las palabras; poco dominio del sentido numérico o el cálculo, entre otras, durante un periodo de más de seis meses. Los Trastornos Específicos del Aprendizaje (TEA) se dividen en tres grupos: dificultades en la lectura (dislexia), dificultades en la escritura (disgrafía) y dificultades matemáticas (discalculia).

En los últimos años, se han presentado tanto en la literatura técnica y científica, como en el ámbito comercial, tecnologías que buscan mejorar el manejo (diagnóstico y tratamiento) de los TEAs; algunas de ellas orientadas al uso personal o por parte de los padres y otros específicos para los especialistas. Este trabajo de grado establece tendencias y posibles desarrollos tecnológicos para el apoyo al manejo de TEAs, a partir del estado del arte abordado desde dos componentes: por un lado, una revisión de literatura científica, de trabajos realizados en ámbitos académicos, y por el otro una revisión en ambientes comerciales (tiendas de aplicaciones móviles). Los resultados de este trabajo establecen líneas de acción para proyectos futuros del Semillero de Investigación en Tecnologías de Apoyo a la Inclusión.

¹ Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

TEA - Trastorno Especifico del Aprendizaje

TDAH - Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad

TDA - Trastorno por Déficit de Atención

TIC -Tecnologías de la Información y la Comunicación

GPS - Global Positioning System

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. Generalidades	7
1.2. Objetivos	9
1.2.1. Objetivo General	9
1.2.2. Objetivos específicos.....	9
1.3. Estructura del documento	9
2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Trastornos Cognitivos Específicos del Aprendizaje.....	10
2.1.1. Dislexia	11
2.1.2. Discalculia.....	12
2.1.3. Disgrafía.....	13
2.2. Generalidades sobre las TICs	13
3. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Búsqueda y Selección de Literatura Científica	15
3.2. Búsqueda y Selección de Aplicaciones Comerciales	17
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1. Revisión de Literatura	18
4.1.1. Publicaciones según tecnología	18
4.1.2. Publicaciones según trastorno atendido.....	19
4.1.3. Publicaciones según idioma de la aplicación	20
4.1.4. Publicaciones según público objetivo	21
4.1.5. Funcionalidad	22
Herramientas de apoyo.....	23
Aplicaciones para el diagnóstico	24
Aplicaciones de apoyo a la terapia.....	24
4.3. Revisión de Aplicaciones en Tiendas.....	25
4.3.1. Aplicaciones por Trastorno	25
4.3.2. Aplicaciones por sistema operativo	26
4.3.3. Aplicaciones por costo	27

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.3.4.	Aplicaciones por idioma	29
4.3.5.	Aplicaciones por público objetivo	29
4.3.6.	Aplicaciones por funcionalidad	30
	Terapia.....	31
	Herramientas de apoyo.....	34
	Aplicaciones de Información	37
	Diagnóstico.....	40
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	42
	REFERENCIAS	44

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades

De acuerdo con la quinta edición del Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM-V) de la Asociación Psicológica Americana (APA), los trastornos de aprendizaje son categorizados como trastornos del desarrollo neurológico que dificultan una capacidad. Pero, se aclara, que aunque hacen parte de este conjunto, no quiere decir que haya una discapacidad intelectual o una patología como el autismo o el Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad, aun cuando en muchos casos estos trastornos presenten en su sintomatología algún Trastorno Especifico del Aprendizaje (TEA) (Berk, 2004).

Diferentes autores han estimado que los TEA tiene una prevalencia entre el 5% y el 20% en la población mundial (Johnson, 1995; Sattler & Weyandt, 2003; Feightner, 1994; Lyon & Cutting, 1998). Así mismo, del total de escolares con TEA, se estiman prevalencias para la dislexia, de un 80%, la discalculia entre el 3% y el 6% (Karande, 2005; Lyon, 1994) y la disgrafía entre el 5% y el 20% (Reynolds, Fletcher-Janzen, E., 2007). En Latinoamérica, y particularmente en Colombia, no existen estadísticas oficiales al respecto; sin embargo, se ha encontrado que entre el 3% y el 5% de los escolares presentan dislexia (Poblano, Borja, Elías, García-Pedroza, & Arias, 2002; Vélez, 2005).

El diagnóstico de los TEAs se realiza, por lo general, a partir de la aplicación de pruebas neuropsicológicas normalizadas, las cuales determinan el estado de los sujetos con respecto a la media ponderada esperada, tanto para su edad como para su nivel de educación. En España, por ejemplo, el diagnóstico en niños se hace a través de pruebas neuropsicológicas que comparan los resultados con los obtenidos por niños de su misma edad y curso; se considera así, la presencia de un TEA cuando el resultado corresponde a dos cursos académicos por debajo del esperado ((UDIDAM), 2008). En Alemania, existen Textos como el ERT 1-4 (Eggenberger Rechentest) donde se describen pruebas desde el grado 1° hasta el grado 4°, para el diagnóstico tanto grupal como individual de los escolares (Group., 2010; Kaufmann & Von Aster, 2012). En Colombia, y en general en los países emergentes, este tipo de diagnósticos es posible gracias a la remisión de los escolares para evaluación neuropsicológica especializada, por parte de sus profesores. Pues, en la mayoría de los casos, los padres no logran percibir diferencias significativas o si las detectan, las consideran como problemas de comportamiento o responsabilidad académica de los niños. Esto genera un alto nivel de sub-diagnóstico y, por lo tanto, un número elevado de jóvenes y adultos no tratados, lo cual se convierte en un factor determinante en la calidad de vida de estas personas, porque les impide desarrollar actividades que requieran una habilidad específica o les afecta las decisiones sobre su vida académica y profesional, al desistir de continuar su formación académica o tener que elegir empleos de menor calidad (Berk, 2004; Boulos, Wheeler, Tavares, & Jones, 2011).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Con relación al manejo, hasta el momento, no se conocen medicamentos o tratamientos que permitan tratar los TEAs. Sin embargo, se han desarrollado terapias neuropsicológicas que contribuyen a disminuir las dificultades asociadas a este tipo de trastornos (Ruth S. Shalev & Gross-Tsur, 2001; Willburger, Fussenegger, Moll, Wood, & Landerl, 2008). Estos procesos terapéuticos son realizados por personal especializado (psicólogos, terapeutas, médicos, entre otros), lo cual genera un alto costo para los pacientes y la dificultad adicional de no poder ser asumidos por la población de bajos recursos.

Las Tecnologías de información y Comunicaciones (TICs) han mostrado que pueden ofrecer alternativas para el desarrollo de procesos terapéuticos en estos y otros tipos de trastornos (Panata Nivel, 2012). En el caso de los TEAs, se han propuesto aplicaciones para diferentes tecnologías y con distintos propósitos, tales como el diagnóstico, la terapia, el suministro de información, entre otros. Algunas de estas aplicaciones se encuentran publicadas en bibliografía especializada (revistas y conferencias en el área), mientras que otras se ofrecen comercialmente en páginas Web y tiendas de aplicaciones.

Con el fin de determinar las tendencias de estas tecnologías y establecer posibilidades de trabajo futuro se propuso la elaboración de un estado del arte en esta área. Tradicionalmente, la elaboración de un estado del arte, se limita a realizar una revisión de la literatura científica publicada en revistas y conferencias especializadas. Sin embargo, una revisión previa ha permitido establecer que, en este caso, algunas aplicaciones son directamente comercializadas en páginas Web o tiendas móviles y no presentan información en literatura científica. Por lo anterior, para contar con una revisión completa en este trabajo se realizó una búsqueda en estas dos fuentes de información, con el fin de dar respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son las tecnologías más usadas en la actualidad para el apoyo al manejo de TEAs?
2. ¿Cuáles son las funcionalidades (diagnóstico, terapia, información, etc.) que se implementan en dichas tecnologías?
3. ¿Las tecnologías existentes consideran los diferentes requerimientos de la población según su edad o nivel educativo?
4. ¿Hay alternativas de sistemas de información multifuncionales que permitan realizar un manejo integral (hogar-escuela-especialista) de los trastornos?
5. ¿Cuáles son los vacíos de investigación y desarrollo que se encuentran en el área, para dar respuesta a las necesidades de la población afectada por los TEAs?

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Elaborar un estado del arte sobre las tecnologías para el apoyo al manejo de Trastornos Específicos del Aprendizaje (TEA), que incluya las tecnologías divulgadas tanto en literatura científica como en las aplicaciones comerciales.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar las tecnologías empleadas para el despliegue de aplicaciones para el apoyo al manejo de TEAs.
- Identificar las funcionalidades ofrecidas actualmente en torno a las aplicaciones para el apoyo al manejo de TEAs.
- Identificar el tipo de población a la cual van dirigidas estas aplicaciones.
- Establecer las tendencias actuales en el desarrollo de sistemas de apoyo al manejo de TEAs, tanto para escuelas como para profesionales de la salud.
- Identificar oportunidades de investigación, desarrollo e innovación en TICs para el apoyo al manejo de TEAs.

1.3. Estructura del documento

Este documento se estructura de la siguiente manera, el Capítulo 2 presenta los fundamentos conceptuales de los diferentes trastornos de aprendizaje que fueron considerados en la revisión, con el fin de contextualizar al lector sobre las características de éstos; así mismo, describe de forma general cómo las tecnologías de información y comunicaciones se han empleado para el apoyo a procesos de diagnóstico y tratamiento de diferentes condiciones, en particular aquellas que afectan los procesos de enseñanza-aprendizaje. El Capítulo 3, presenta la metodología seguida en el proceso de búsqueda y selección de literatura y aplicaciones para ser incluidas en esta revisión. Los resultados y su análisis son presentados en el capítulo 4. Finalmente, el capítulo 5 presenta las conclusiones del estudio, haciendo énfasis en los posibles vacíos que dan cabida a trabajos futuros en el área.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Trastornos Cognitivos Específicos del Aprendizaje

Como se mencionó en la introducción, los Trastornos Específicos del Aprendizaje (TEAs) se encuentran dentro de la categoría de trastornos del desarrollo neurológico, sin ser necesariamente considerados una patología, aunque es común que patologías como el autismo, el trastorno de déficit de atención o el trastorno de déficit de atención e hiperactividad presenten síntomas asociados con alguno de los TEA (Berk, 2004).

La Figura 1, muestra una clasificación de los principales TEAs reportados en la literatura. Como se puede observar, se presentan tres grandes categorías: los trastornos de la lectura, los trastornos del cálculo y los trastornos de la escritura. Cada uno de ellos presenta diferentes subcategorías, dependiendo del grado y tipo de dificultad asociado. Sin embargo, en la literatura estas categorías son consideradas en forma general bajo los conceptos de dislexia, para agrupar los diferentes trastornos de lectura; discalculia, que agrupa todos los trastornos del cálculo y disgrafía, para agrupar los diferentes trastornos de la escritura.

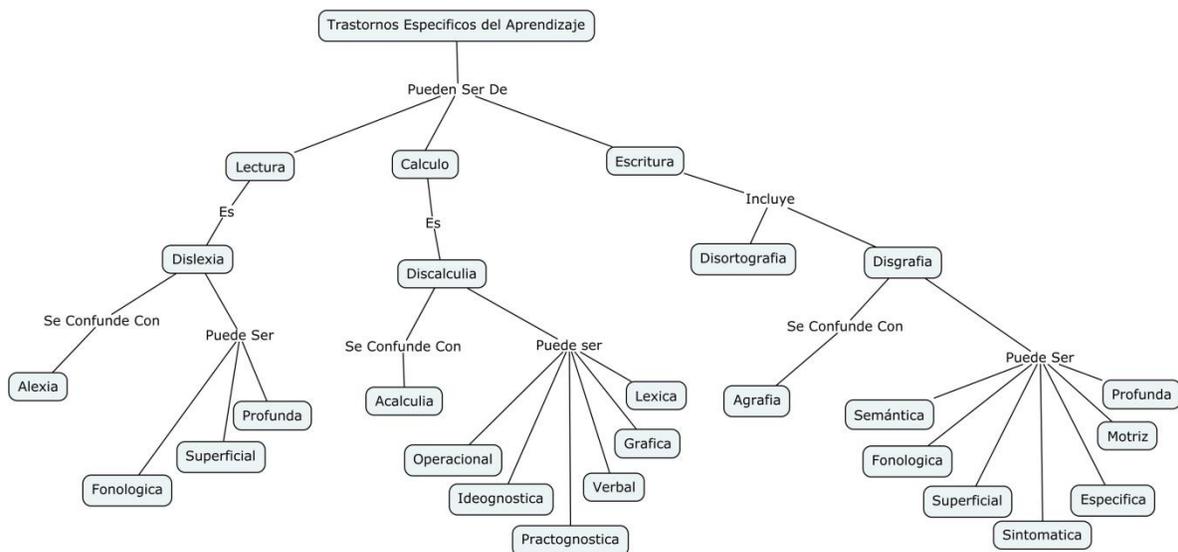


Figura 1 Taxonomía de los Trastornos Específicos del Aprendizaje

A continuación, se describen las principales características de los tres grandes grupos de TEAs, así como los métodos diagnósticos y las terapias asociadas. Aunque se puede indicar que, en general el diagnóstico de los TEAs es realizado a partir de pruebas neurológicas normalizadas, que determinan el estado del sujeto con relación a la media ponderada esperada tanto para su edad

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

como para su nivel de educación. Con respecto al manejo, aunque en la actualidad no existen tratamientos para estos trastornos, se pretende mejorar su impacto a través de terapias neurológicas que disminuyan las dificultades asociadas (Shalev & Gross-Tsur, 2001; Willburger, Fussenegger, Moll, Wood, & Landerl, 2008). Se estima que estas terapias ayudan a reducir el impacto de las TEAs entre un 50% y un 80% (Dambul, 2014; Prada & Eliecer, 2010).

2.1.1. Dislexia

Es un trastorno del aprendizaje que afecta específicamente la capacidad de leer. Los niños suelen leer en niveles significativamente más bajos de lo esperado para su edad. Aunque el trastorno varía de persona a persona, las características comunes entre las personas con dislexia son: dificultades con el procesamiento fonológico (el manejo del sonido), la ortografía y / o rápida respuesta visual-verbal. (Démonet, Taylor, & Chaix, 2004). En los individuos adultos que presentan la pérdida de la capacidad de leer, por lo general, está asociada a una lesión cerebral o a la demencia; esta se denomina alexia y puede ser confundida con la dislexia o ser llamada dislexia en adultos. Este fenómeno contrasta con las personas disléxicas que simplemente nunca fueron identificadas en su niñez y adolescencia con este tipo de trastorno. (Stroke, 2001). La dislexia puede ser hereditaria en algunas familias; pues, estudios recientes han identificado una serie de genes que pueden predisponer a un individuo para desarrollar la dislexia (Portellano Pérez, 2004).

Dentro del diagnóstico de la dislexia existen diferentes pruebas realizadas desde los 5 hasta los 25 años, entre las que se incluyen:

- Evaluación Clínica de los Fundamentos del Idioma (CELF-5), la cual busca identificar, diagnosticar y dar seguimiento a la dislexia, evaluando el contenido y la forma del lenguaje, a través de pruebas de comprensión de frases, conceptos lingüísticos, estructuras de palabras, formulación de frases, comprensión de párrafos, definición de palabras, comprensión lectora, entre otras (Semel, Wiig, & Secord, 2013).
- Evaluación Integral del Lenguaje Oral (CASL-2), está orientada a medir la comprensión y expresión en cuatro categorías: léxico/semántico, sintáctico, supralingüístico y pragmático (Carrow-Woodfolk, 2016).
- Diagnostic Assessment of Reading with trial tech strategies (DAR-TTS), este test mide las fortalezas y debilidades de los estudiantes en las áreas clave de aprendizaje en la lectura, incluye reconocimiento de imágenes, reconocimiento fonológico de letras y sonidos, reconocimiento de palabras, análisis de las mismas, precisión de lectura oral y fluidez, comprensión de lectura silenciosa, ortografía y significado de las palabras (Roswell & Chall, 1992).

Con relación a la terapia para la dislexia, esta consiste en ejercicios de conciencia fonética que ayudan tanto con la lectura, como con la ortografía (Korkman & Peltomaa, 1993). Existen programas enfocados al entrenamiento fonológico, los cuales no están aprobados científicamente,

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

pero han mostrado resultados favorables en el aprendizaje a través de una estimulación auditiva (Gilmor, 1999). Igualmente, existen terapias experimentales tales como lentes teñidos, percepción optométrica, entrenamiento de lateralidad y psicología emocional, que se basan en que la dislexia es un problema asociado a dificultades de visión o lateralidad y han mostrado en el caso de la visión, que ayudan a disminuir el estrés visual; mientras que en el caso de la lateralidad, su activación a través de terapia, ayuda a la experiencia en la lectura (Bakker, Moerland, & Goekoop-hoetkens, 1981; Gilmor, 1999; Henderson, Taylor, Barrett, & Griffiths, 2014).

2.1.2. Discalculia

Es un trastorno del aprendizaje que se caracteriza por causar deficiencias en la aritmética básica, el procesamiento de magnitud numérica y para realizar cálculos precisos o fluidos. Estas deficiencias se presentan, por lo general, a edades tempranas, cuando el niño es introducido en el área de las Matemáticas (“La discalculia,” 2008). Dentro de las características asociadas a este trastorno se encuentran, problemas de memoria que dificultan recordar conceptos básicos de aritmética, las tablas de multiplicar, o los pasos para resolver varios cálculos; problemas de lenguaje matemático, como son la dificultad para comprender conceptos de posición y relaciones entre cifras, así como dificultad para interpretar los enunciados de los problemas y; bajas habilidades Visio-espaciales, que generan confusión en los signos aritméticos (el + por el x), inversiones numéricas (31 por 13), fallos en la seriación de números (1, 2, 4, 6, 7, 9..), entre otras (R. S. Shalev, Auerbach, Manor, & Gross-Tsur, 2000). Son muy poco probables los casos de una discalculia que se desarrolle en edades avanzadas, aunque esta se puede presentar por traumas cerebrales, caso en el cual se define como acalculia. Sin embargo, la falta de diagnóstico en la infancia, puede ocasionar una prevalencia en la adultez que afecta la vida diaria de las personas, al ser incapaces de realizar cálculos básicos como el costo de una compra, o el cambio que le debe ser entregado.

Al igual que la dislexia su diagnóstico se realiza a través de una evaluación normalizada, la cual mide la capacidad intelectual global, donde los resultados no son los esperados para su edad y nivel académico. Sin embargo, el desconocimiento sobre este trastorno, genera un subregistro grande, dado que se asume que el niño simplemente es “malo” para las Matemáticas (Sigman, Yirmiya, & Capps, 1995).

Para el manejo de la discalculia se establecen referentes visuales manipulables tales como: ábaco, plastilina u otros objetos que permitan la visualización numérica, se presentan juegos matemáticos los cuales pueden estar o no sistematizados, al presentarle al niño toda la información de manera divertida, de tal forma que no sea un referente de estrés. Estas sesiones de trabajo no deben durar más de 20 minutos y deben presentarse 2 ó 3 veces al día. (La, Etapa, Adquisici, & Matem, 2010.).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.1.3. Disgrafía

Trastorno del aprendizaje que se caracteriza por generar dificultades en la escritura. En concreto, el trastorno causa que la escritura de una persona sea distorsionada o incorrecta. En los niños, el trastorno se evidencia generalmente cuando se estos se inician en la escritura. Los niños con disgrafía suelen hacer las letras de tamaño y espaciado inapropiados, o escribir palabras equivocadas o mal escritas, y la situación persiste aun cuando se le corrige y se le repite la instrucción repetidas veces (Solano & Rodríguez, 2012). Los niños con este trastorno pueden tener otros problemas de aprendizaje o problemas motores (Deuel, 1995). Los casos de disgrafía en adultos, en cambio, ocurren después de un trauma cerebral o motor.

En el diagnóstico de la disgrafía, además de contar con la evaluación normalizada, el menor debe presentar una calidad de trazo muy fuerte o muy débil, espacios inapropiados entre letras y palabras, ilegibilidad, agarre inadecuado del lápiz, letras invertidas o incompletas, muy pequeñas y temblorosas, muy pegadas o muy separadas (Lopez Peces, 2015).

La terapia de la disgrafía está enfocada a corregir la ejecución de los movimientos de la escritura, la postura corporal (mano y brazo), por tanto, los ejercicios de escritura son repetitivos (círculos, rectángulos, triángulos, líneas) y ejercicios externos tales como punzón, recorte con tijeras, rasgado de papel, moldeado de plastilina y relleno o coloreado de moldes, al igual que ejercitar la inclinación de letras y trabajar con cuadrículas (López Peces, 2015).

2.2. Generalidades sobre las TICs

Las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TICs) son el conjunto de tecnologías desarrolladas para acceder, producir, guardar, presentar y transferir información. Son de uso cotidiano, de fácil manejo y sin necesidad de ser un experto, tales como: televisión, celular, computador, radio, tabletas digitales, incluso Internet. Sirven para divertir, aprender, mantenerse en contacto, saber lo que está sucediendo en el mundo, entre muchas otras (Ministerio de las Tecnologías de Información y Comunicaciones, 2015).

En el conjunto de las TICs, el grupo de relevancia para nosotros son las aplicaciones (software) programas informáticos diseñados como herramientas para realizar una o varias tareas en plataformas específicas tales como:

- **Aplicación de computador o nativas:** son todas aquellas aplicaciones desarrolladas para un computador, se caracterizan por permitir uno o diversos tipos de trabajos, estas se limitan por el sistema operativo del computador, su capacidad de almacenamiento, su procesador y memoria; el acceso es posible solo a través de un computador y el sistema operativo para el cual fue desarrollada .

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Aplicaciones Web:** son todas aquellas aplicaciones desarrolladas para ser ejecutadas a través de un navegador Web, se caracterizan por ser accesibles a través de cualquier computador que cuente con un navegador compatible e internet. Entre las aplicaciones más reconocidas se encuentran Facebook, Wikipedia, Google, entre muchas otras.
- **Aplicaciones móviles o apps:** son todas aquellas aplicaciones desarrolladas para dispositivos móviles inteligentes (IOS, Android, Windows phone), se caracterizan por permitir la realización de una tarea concreta de cualquier tipo, se limita por el sistema para el cual fue desarrollado y su versión es accesible desde cualquier dispositivo móvil que cumpla con la limitación anterior; tales como: WhatsApp, Twitter, YouTube.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

Para la elaboración del estado del arte, se realizó una búsqueda previa la cual permitió establecer que muchas de las aplicaciones comercializadas en la Web y las tiendas móviles tienen diferentes propósitos entre ellos: la divulgación de información, el diagnóstico o la terapia de las TEAs; por lo anterior, para contar con una revisión completa del estado del arte se dividió en dos etapas: en primer lugar, una revisión de la literatura científica publicada en revistas y conferencias especializadas y, en segundo lugar, una revisión de aplicaciones en las tiendas móviles de Apple, Google y Windows.

El proceso de búsqueda y selección de fuentes de información siguió un modelo de revisión sistemática a fin de garantizar la reproducibilidad de los resultados. A continuación, se describen los procedimientos de búsqueda y selección para cada una de los tipos de fuentes de información consultados.

3.1. Búsqueda y Selección de Literatura Científica

A partir de una búsqueda previa se estableció un conjunto de palabras claves que permitían recuperar la mayoría de publicaciones encontradas, las cuales incluían: "Learning Disorders", "Dyslexia", "Dyscalculia", "Dysgraphia", además del contexto de las aplicaciones: "Mobile Application", "Computer Program", "Web Application". Al hacer uso de estas palabras se generaron las siguientes ecuaciones de búsqueda:

- EQ1 "learning disorders" AND "mobile Application"
- EQ2 ("dyslexia" OR "dyscalculia" OR "dysgraphia") AND "mobile Application"
- EQ3 "learning disorders" AND "computer program"
- EQ4 ("dyslexia" OR "dyscalculia" OR "dysgraphia") AND "Computer program"
- EQ5 "learning disorders" AND "Web Application"
- EQ6 ("dyslexia" OR "dyscalculia" OR "dysgraphia") AND "Web Application"

Se seleccionó el motor de búsqueda Google Académico debido a que este agrupa todas las posibles fuentes de información académicas y científicas, y se restringió la búsqueda al periodo 2010-2016, teniendo en cuenta que esta revisión pretendía establecer las principales tendencias de tecnologías en el área. Los resultados fueron ordenados por relevancia y se consideraron sólo los primeros 200 documentos, en los casos en que la búsqueda arrojó un número mayor de estos.

Los resultados generados en la búsqueda fueron filtrados (filtro 1) y almacenados en una base de datos gestionada en Mendeley ("Mendeley Portal," 2008) a partir de la revisión del título y el

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

resumen. El criterio de inclusión fue recuperar los trabajos que hicieran referencia a aplicaciones relacionadas con alguno de los TEA. Entre los documentos excluidos se encontraron aplicaciones relacionadas con otras condiciones como el síndrome de Down, el Autismo, GPS, evaluación de accesibilidad, patentes, epilepsia, demencia, estudios de usabilidad y estudios clínicos. Sobre los documentos recuperados se realizó un segundo filtro para eliminar resultados repetidos, para ello se utilizó la herramienta de búsqueda de duplicados de Mendeley. Finalmente, los documentos fueron recuperados en su texto completo. A partir de la lectura de cada uno de los trabajos, se realizó un tercer filtro, el cual excluyó artículos que correspondían a discusiones, revisiones y reflexiones sobre el uso de la tecnología para el apoyo al manejo de los TEA, pero que como tal no presentaban ninguna herramienta. Además, se agruparon artículos que presentaban la misma herramienta, dejando para el análisis aquellos que brindaban la mayor cantidad de información sobre las características técnicas y funcionales de la misma.

La Tabla 1, muestra la cantidad de documentos recuperados para cada ecuación, la columna de "Resultados totales" indica la cantidad de trabajos obtenidos en la búsqueda, indicando entre paréntesis la cifra total para los casos en que se encontraron más de 200 resultados; la columna 2 (Filtro 1) corresponde a los trabajos que cumplieron el primer criterio de inclusión, es decir aquellos que fueron almacenados en la base de datos para futuros análisis. Adicionalmente, la Figura 2, presenta un diagrama en el que se ilustra el número de trabajos, considerados luego de cada uno de los filtros. Como se puede observar, de 175 trabajos recuperados en texto completo, 59 se mantuvieron después de filtrar documentos duplicados y 72 después de filtrar aquellos que no presentaban una herramienta tecnológica.

Tabla 1 Resumen de documentos recuperados y considerados después de filtrado para cada ecuación.

Ecuación	Resultados Totales	Filtro 1
EQ1 "learning disorders" AND "mobile Application"	38	36
EQ2 ("dyslexia" OR "dyscalculia" OR "dysgraphia") AND "mobile Application"	308 (considerados 200)	48
EQ3 "learning disorders" AND "computer program"	499 (considerados 200)	27
EQ4 ("dyslexia" OR "dyscalculia" OR "dysgraphia") AND "computer program"	2.440 (considerados 200)	37
EQ5 "learning disorders" AND "Web Application"	32	7
EQ6 ("dyslexia" OR "dyscalculia" OR "dysgraphia") AND "Web Application"	320 (Considerados 200)	20
Total	3.637	175

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

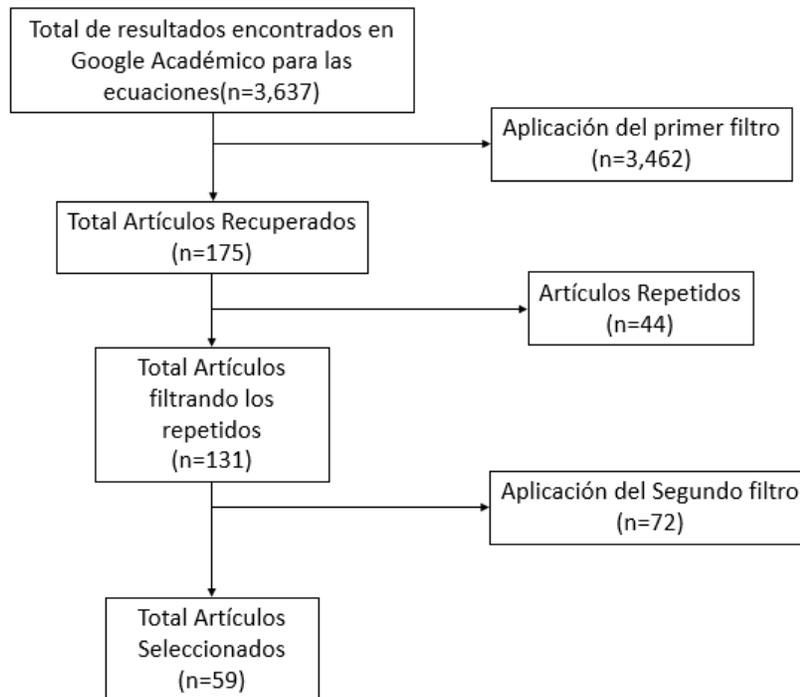


Figura 2 Flujo de selección de artículos en la Revisión de Literatura Científica

Finalmente, los documentos fueron revisados en su totalidad y categorizados de acuerdo con el tipo de tecnología, funcionalidad, y trastorno. Los resultados de este análisis son descritos en el capítulo 4.

3.2. Búsqueda y Selección de Aplicaciones Comerciales

Para la revisión de aplicaciones en motores de búsqueda y tiendas móviles, se decidió utilizar los nombres de los trastornos (“Dyslexia”, “Dyscalculia”, “Dysgraphia”) en las tiendas móviles, tales como AppStore para IOS, Google Play para Android y la Store para Windows.

Dentro de la búsqueda se descartaron las aplicaciones pagas, dado que no se contaba con recursos para su adquisición. Solo se tuvo en cuenta para su revisión la información suministrada por su autor. De igual forma, los juegos no relacionados con las TEAs, GPS, ejercicios de gramática en Francés y emojis, fueron descartados.

Se listaron los resultados en un archivo de Excel con una taxonomía, teniendo en cuenta las principales características para su análisis según: sistema operativo, funcionalidad, público objetivo, trastorno e idioma. Por último, se generó un informe final donde se integraron tanto la revisión bibliográfica como la revisión de aplicaciones, para dar respuesta a los objetivos planteados, estos se exponen en el capítulo 4.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Revisión de Literatura

Para facilitar la lectura de los hallazgos, se realizó una caracterización de cada trabajo de acuerdo con los siguientes criterios.

- Modalidad - la cual hace referencia al tipo de desarrollo al que fue enfocado. Este puede ser móvil, computador o web.
- Trastorno – se refiere al trastorno para el cual fue desarrollado (disgrafía, discalculia, dislexia o de propósito general).
- Tipo de documento – hace alusión al enfoque o tipología de artículo publicado. Se identificaron artículos de análisis o evaluación de aplicaciones en producción, y de presentación de aplicaciones desarrolladas (I+D).
- Funcionalidad - es el tipo de funcionalidad que ofrece la aplicación; este puede ser:
 - Herramientas de apoyo: son aplicaciones que realizan adaptaciones en los dispositivos, a fin de facilitar su uso por parte de personas con trastornos de aprendizaje. Por ejemplo, aplicaciones que amplían el tamaño de la letra o la fuente para personas con dislexia.
 - Diagnóstico: corresponde a evaluaciones normalizadas que han sido sistematizadas para permitir un diagnóstico inicial o tamizaje de un trastorno específico.
 - Terapia: son aplicaciones que implementan diferentes tipos de ejercicios los cuales buscan disminuir las dificultades asociados a cada trastorno. En principio,
- Idioma – indica el idioma en el cual trabaja la aplicación presentada en el artículo.
- Público- es la población beneficiada o el público objetivo al que va enfocada la aplicación presentada (no aplica para revisiones).

A continuación, se describen los resultados obtenidos para cada caso.

4.1.1. Publicaciones según tecnología

La Figura 3, presenta el número de documentos publicados en cada año para cada tipo de tecnología de la búsqueda. Como se puede observar el desarrollo de estas tecnologías tiene un crecimiento importante a partir del año 2010, con un énfasis en las aplicaciones móviles, las cuales en los tres últimos años superan en más del 50% a las otras tecnologías. Destaca también el uso de tecnologías Web y, recientemente, el desarrollo de aplicaciones multiplataforma. En particular en el año 2016, aparecen desarrollos multiplataforma con modalidad en la nube como el presentado en (Alghabban, Salama, & Altalhi, 2016), un framework que cuenta con esta modalidad para estudiantes con dislexia, el cual permite la interacción entre especialista o profesor-estudiante-

familia, en donde el especialista o profesor registra estudiantes haciendo un seguimiento de su desempeño, el estudiante con dislexia puede realizar ejercicios en cualquier parte, y la familia tiene la posibilidad de seguir y apoyar el trabajo del estudiante, trabajo futuro se plantea la construcción de una aplicación móvil con este framework. Con relación a las tecnologías móviles es importante resaltar que la mayoría de ellas funcionan en arquitecturas cliente-servidor, lo que significa que se requiere una conexión a internet para su uso. En el mismo sentido, es interesante encontrar que se mantiene interés en el desarrollo de aplicaciones para computador (standalone). Esto es importante para países emergentes, cuya conectividad a Internet aún no es total, por ejemplo en Colombia para el año 2015 de 100 personas, 55 tenían acceso a internet y en general en países latinoamericanos la estadística se mantiene de forma similar o aún menor (Banco Mundial, 2016).

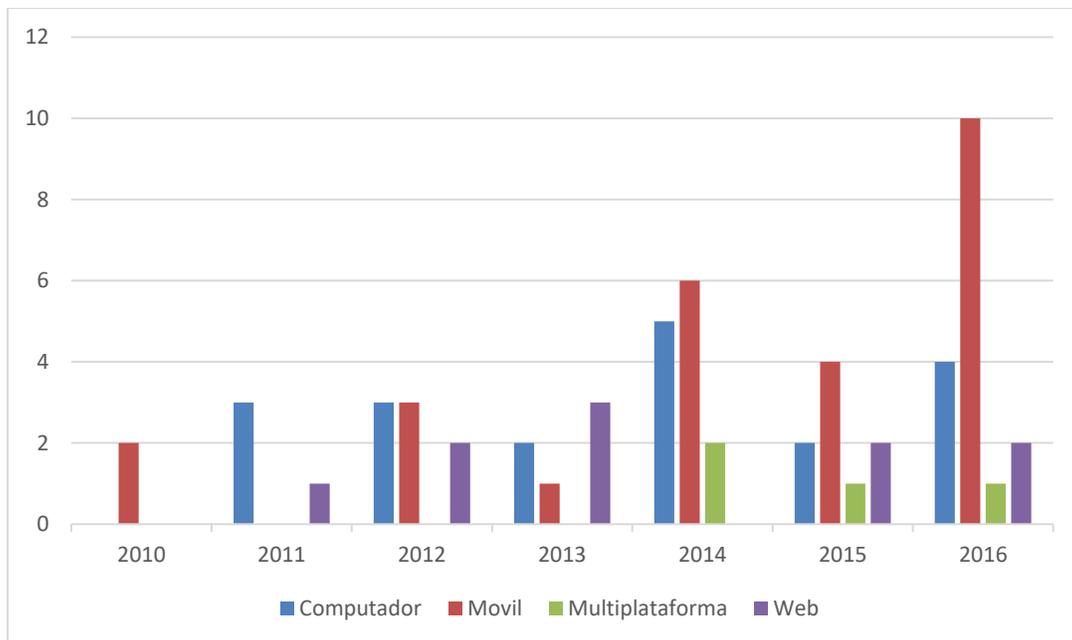


Figura 3 Número de artículos publicados por modalidad de la aplicación en los últimos años

4.1.2. Publicaciones según trastorno atendido

En cuanto al trastorno para el cual los artículos están enfocados (Figura 4), encontramos que un número importante de ellos (43 artículos) están relacionados con la dislexia, esto se explica, posiblemente, a su alta prevalencia frente a los otros trastornos (Lyon & Cutting, 1998). En esta figura el término “Todos” hace referencia a que la aplicación abarca los tres trastornos en un sentido amplio, como en (Robles & Anguisaca, 2015), que presenta el desarrollo de una aplicación para generar planes de terapia, la aplicación está enfocada al seguimiento de la rehabilitación de los niños con algún TEE. Así mismo, en (Gropper, Gotlieb, Kronitz, & Tannock, 2014) donde un grupo de control con algún TEA o TDAH es evaluado a través de un software (Working memory program) estimulando la memoria para darle terapia; estos artículos están orientados a cubrir una

necesidad fuera de la terapia del trastorno, tal como un planificador o la estimulación de la memoria.

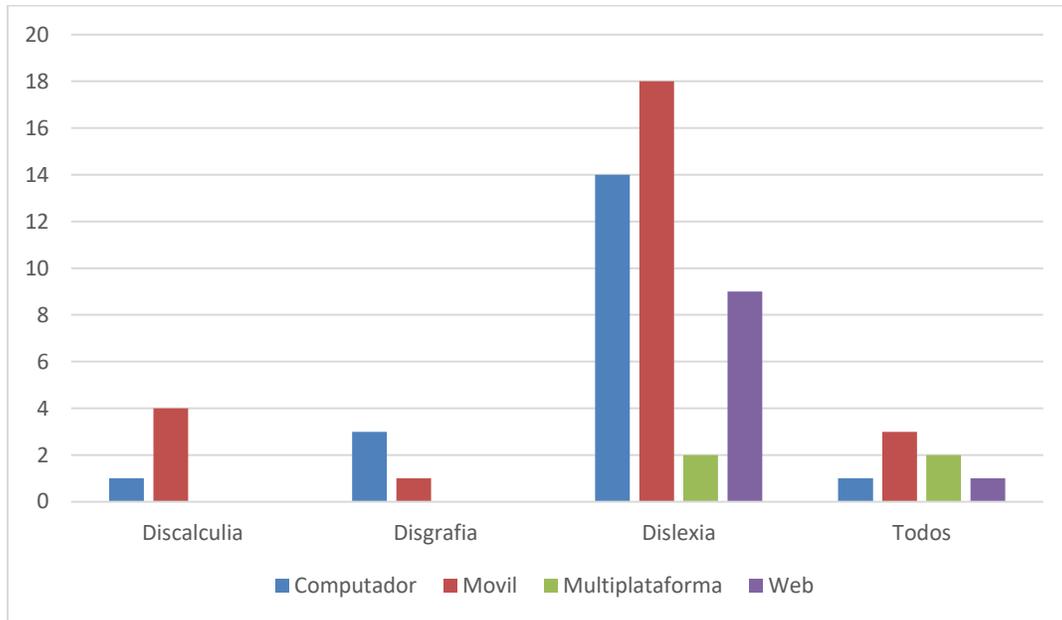


Figura 4 Número de Artículos por modalidad para cada Trastorno

Como se puede observar se reporta un escaso desarrollo para el apoyo al manejo de la discalculia y la disgrafía, lo cual guarda relación con la poca prevalencia y desinformación que se tiene sobre estos trastornos (Berk, 2004). Además porque la disgrafía comúnmente se asocia a problemas motores (Smits-Engelsman, Niemeijer, & Van Galen, 2001), o por lo general logra ser corregida con ejercicios en los primeros años de instrucción en la escritura (Lupuleac, 2014).

Entre las aplicaciones para estos trastornos encontramos el desarrollo de una aplicación multimedia diseñada para mejorar las habilidades matemáticas en niños con dislexia mediante juegos didácticos, lo cual realmente parece hacer referencia a la discalculia gráfica (Ahmad, Jinon, & Rosmani, 2013). De igual forma en (Tahan, Barake, Seliman, & Merhi, 2015) se presenta my vWallet una aplicación para las personas con discalculia que ofrece una interfaz interactiva y fácil de usar con los cálculos monetarios, para de esta manera reducir la dificultad para realizar cálculos simples. En cuanto a la disgrafía encontramos trabajos orientados a corregir las dificultades manuales en la escritura a través de la práctica asistida por computador (Borghese et al., 2016; S. H. Chang & Yu, 2014; S. Chang & Yu, 2013).

4.1.3. Publicaciones según idioma de la aplicación

Al revisar el idioma de las aplicaciones presentadas en las publicaciones, encontramos que la mayoría de ellas están en inglés y tan solo unas pocas en otros idiomas, como se aprecia en la Figura 5. Aunque esto puede estar asociado a que la búsqueda fue realizada usando ecuaciones con términos en inglés, esta recupero publicaciones en español debido a que en la actualidad la

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

mayoría de publicaciones relevantes en ciencia y tecnología que no están escritas en inglés, presentan, al menos, los títulos y resúmenes de los trabajos traducidos a este idioma. Por otro lado, una búsqueda general de las ecuaciones en español, arrojó que la mayoría de los documentos recuperados correspondían a trabajos de grado y no a publicaciones científicas en estricto sentido (resultados no mostrados).

En la Figura 5 se observa que se encontró un trabajo que denominamos multi-idioma, este corresponde a la herramienta ebook reader, la cual se adapta al sistema operativo del equipo, esta pretende mostrar de manera más accesible los ebook a personas con dislexia, permitiéndoles el cambio de color de pantalla, tamaño o fuente (Rello, Kanvinde, & Baeza-Yates, 2012).

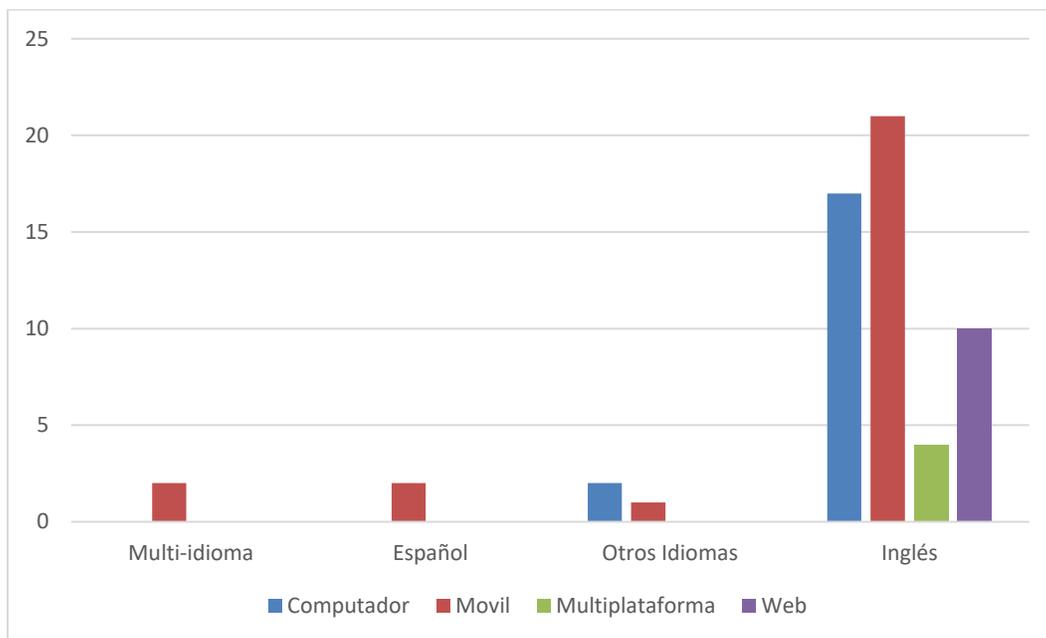


Figura 5 Número de Artículos por Modalidad para cada Idioma

4.1.4. Publicaciones según público objetivo

En la Figura 6, observamos el público objetivo de los artículos encontrados, el desarrollo para niños es mayor, lo cual era esperado dado que es más fácil la detección y posterior tratamiento de los TEAs en esta población e incluso pareciera desconocerse que estos trastornos también pueden afectar a adultos. Las aplicaciones que están dirigidas a todos cumplen en su mayoría el objetivo de ser herramientas para el apoyo a los TEAs, las cuales, como se verá más adelante, buscan proveer mecanismos para adaptar los dispositivos a condiciones que facilitan su uso a personas con algún TEA. Con relación a esta característica, vale la pena resaltar el trabajo presentado por Siem Knudsen (Siem Knudsen, 2016), quien desarrolló una aplicación para el diagnóstico de la discalculia para personas entre 14-30 años.

Con relación a este ítem cabe aclarar que la principal característica que presentan las aplicaciones orientadas a niños son el uso de interfaces gráficas muy lúdicas y llamativas, con sonidos y expresiones de logro que mantienen la motivación de los niños a continuar con su uso (Hurtado, Collazos, Cruz, & Rojas, 2012). Estas características, son las mismas que provocan que no sean consideradas por los adultos para apoyarlos en el manejo de estos trastornos.

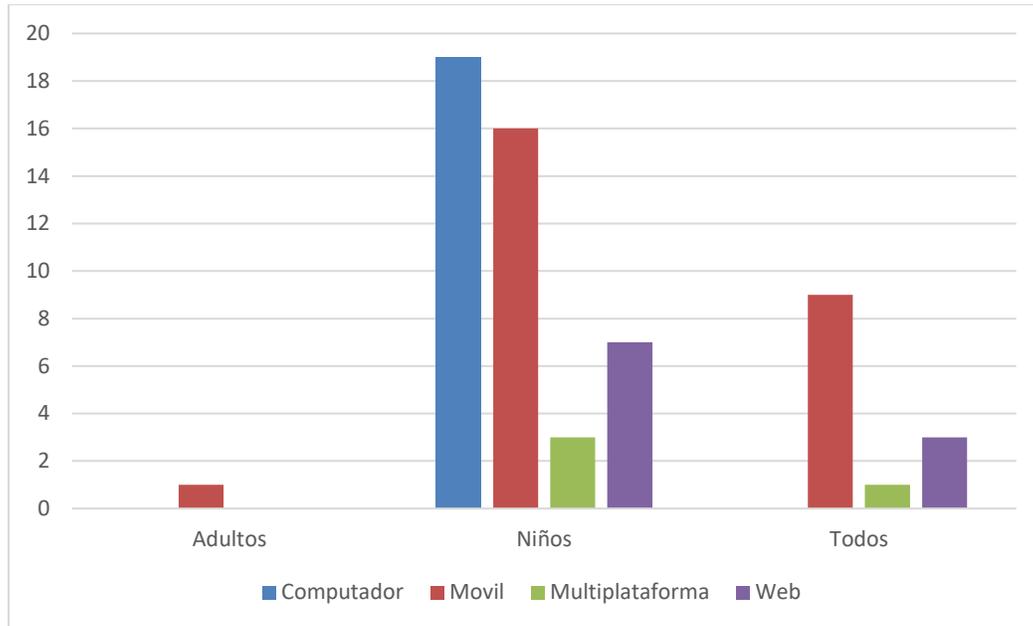


Figura 6 Número de artículos por modalidad de acuerdo al público objetivo.

4.1.5. Funcionalidad

A partir de la lectura cuidadosa de todas las publicaciones consideradas en la revisión se encontró que con respecto a la funcionalidad las aplicaciones presentadas podían agruparse en aplicaciones de apoyo al diagnóstico o tamizaje, aplicaciones de apoyo a la terapia y herramientas de apoyo a la condición. La Figura 7 muestra la distribución de las aplicaciones según su funcionalidad; como se puede observar, se presenta un mayor número de artículos enfocados al apoyo a la terapia, seguido de herramientas de apoyo y por último aplicaciones para el diagnóstico, no se encontraron aplicación tipo información como sucede en el en la revisión de aplicaciones en tiendas móviles. A continuación, se describen con mayor detalle algunas de las aplicaciones por funcionalidad, identificadas en la literatura.

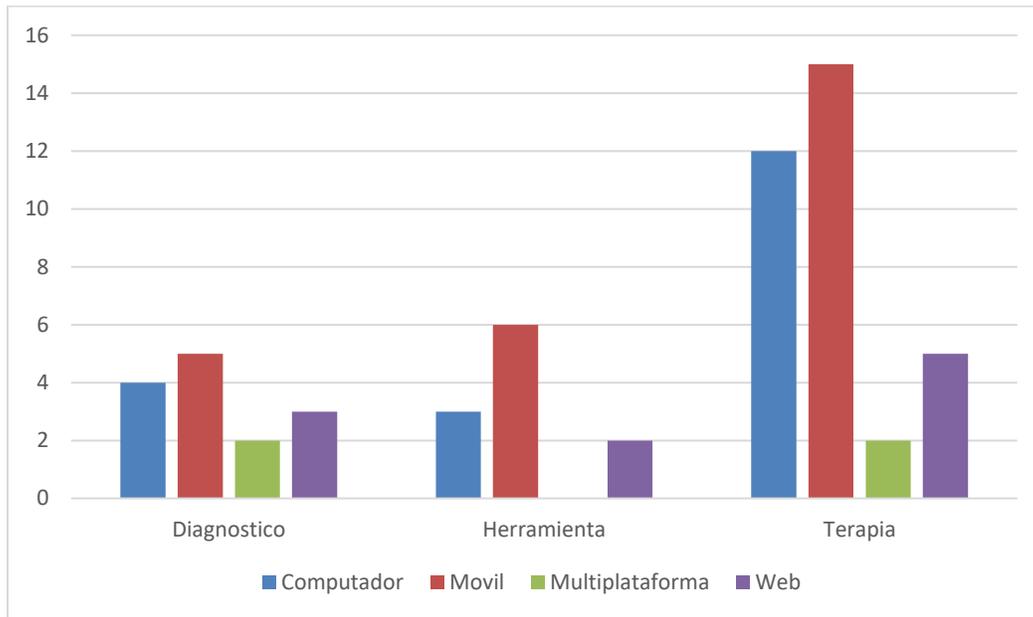


Figura 7 Número de Artículos por Funcionalidad para cada Tipo

Herramientas de apoyo

Son aplicaciones que buscan disimular las dificultades de los trastornos. Entre ellas se encuentran aplicaciones de sobre-posición de pantalla; por ejemplo, Touch Screen Overlay, una aplicación para móviles que sobrepone una capa de color que facilita la lectura a personas con dislexia (Dambul, 2014); mobile colored overlay, la cual cumple la función de cambiar el color de la pantalla del Smartphone para disminuir el estrés visual (Jang, 2014). También se encuentran herramientas tipo Word, las cuales permiten la interacción con el texto permitiendo su modificación, es el caso de webhelpdyslexia (Avelar, Rezende, & Freire, 2015). Estas aplicaciones, en general, presentan una interfaz gráfica más simple para su manejo cumpliendo con los cambios de texto, como se muestra en la Figura 8.

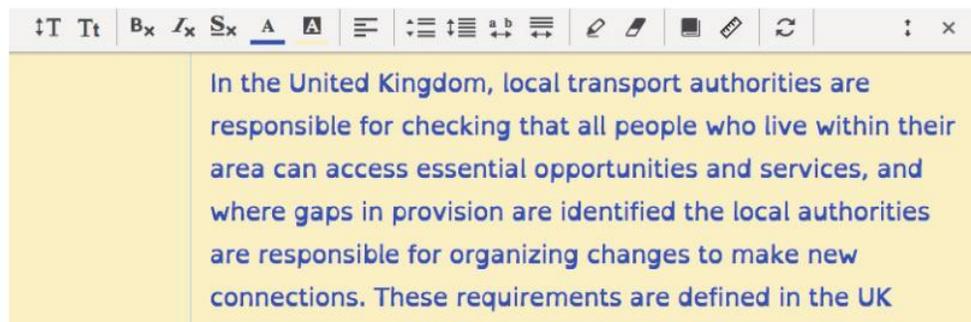


Figura 8 Captura de la extensión webhelpdyslexia, se presenta una barra de herramientas para el manejo de texto en páginas webs

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Aplicaciones para el diagnóstico

Este tipo de aplicaciones permiten no solo identificar personas con algún TEA sino también identificar factores de riesgo; es el caso de (Bartolomé, Zorrilla, & Zapirain, 2012), una aplicación que tiene un conjunto de juegos, en donde el niño no se siente evaluado, la cual ofrece información objetiva para un diagnóstico por un especialista al igual que comprobar el progreso del paciente, de manera similar Smart Lexic(Ekhsan, Ahmad, Halim, Hamid, & Mansor, 2012) es una aplicación para computar la cual ayuda a la identificación de factores de riesgo de dislexia en niños a través de ejercicio de emparejamiento y reconocimiento de letras.

Aplicaciones de apoyo a la terapia

Este tipo de aplicaciones permiten ayudar a mejorar las dificultades que generan los TEAs. Entre estas se encuentran por ejemplo: Easylexia, una aplicación pensada para niños con dislexia, para la terapia a las dificultades en la lectura, reconocimiento y comprensión (Skiada, Soroniati, Gardeli, & Zisis, 2014) o ninja typers (Farrell, 2014) una aplicación desarrollada para la web que cuenta un conjunto de ejercicios para el acondicionamiento a la lectura, LexiPal(Saputra & Risqi, 2015) como se ve en la Figura 9, la aplicación para móviles está desarrollada en indonesio para la terapia de la dislexia, esta cuenta con ejercicios de identificación de letras, lecturas con preguntas y premios para motivar al usuario.



Figura 9 Captura de la aplicación LexiPal, donde se presenta un juego de emparejamiento de letras

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.3. Revisión de Aplicaciones en Tiendas

En los resultados de las búsquedas en tiendas móviles se tabularon las aplicaciones teniendo en cuenta las siguientes características:

- Sistema Operativo: para el cual se cuenta con aplicación, sea este IOS, Android o Windows Phone.
- Funcionalidad: describe qué necesidad satisface. Esta fue determinada de acuerdo con la descripción proporcionada de la aplicación en la misma tienda, ya fuera está identificada explícitamente o por la descripción general. Además de las herramientas de apoyo, diagnóstico y terapia identificadas en la revisión de la literatura, en este caso se encontraron aplicaciones de Información, las cuales proveen información sobre diferentes aspectos de los TEAs o listas de especialistas. Entre ellos se incluyen, por ejemplo, características de cada trastorno, tips para su detección, estrategias o manuales de terapia, entre otros.
- Costo: el valor económico que el usuario debe pagar para su adquisición. Incluye costo cero (0) para aplicaciones gratuitas.
- Idioma: lenguaje para el cual la aplicación fue desplegada (interfaz).
- Público: población beneficiada hacia la cual está orientada la aplicación. Se distingue entre aplicaciones orientadas a niños, a adultos y público en general. Esta categoría se determinó teniendo en cuenta la descripción de la aplicación y las características de su interfaz gráfica. Así, por ejemplo, aplicaciones con interfaces con íconos infantiles y coloridas, fueron consideradas de público infantil, mientras que aplicaciones orientadas al texto y poco coloridas se consideraron aplicaciones para adultos. Aquellas que presentaban características intermedias, se consideraron para todo público.

Después de tabular las aplicaciones encontradas, se realizó, por un lado, un proceso de filtrado que buscaba eliminar las aplicaciones repetidas, es decir, aquellas que eran recuperadas en más de una búsqueda, por ejemplo, por disgrafía y dislexia; o aquellas que se encontraban disponibles para los tres sistemas operativos, caso en el cual, se consideró como una aplicación con sistema operativo multiplataforma. Por otro lado, se encontró que algunas aplicaciones presentaban diferentes versiones, dependiendo de si eran o no pagas. En este caso, fueron consideradas como aplicaciones independientes, por tener funcionalidad completa cada una por separado.

4.3.1. Aplicaciones por Trastorno

Como se puede observar en la Figura 10, la distribución de las aplicaciones por trastorno, presentan un comportamiento similar al reportado en la literatura científica, es decir, un alto porcentaje de aplicaciones para el manejo de la dislexia (174), seguido de aquellas para la discalculia (51) y pocas aplicaciones orientadas a la disgrafía (9). En cuanto a las aplicaciones que pretenden cubrir todos los trastornos, de las 9 aplicaciones reportadas, 3 están destinadas a

suministrar información general acerca de las TEAs, las demás son de tipo terapéutico, y proponen ejercicios de propósito general como identificación de errores gramaticales, reconocimiento de números, reconocimiento de figuras, emparejamiento de imágenes, operaciones aritméticas, escritura de letras, entre otros; tal es el caso de KidDylex 2, Learn to Read, Write and Spell PRO3 o Dino Preschool Learning Games4. Al tener todo este contenido no se da énfasis a las características específicas de cada trastorno, cubriendo de la dislexia la diferenciación de letras, de la disgrafía la escritura de letras y/o números y de la discalculia la diferenciación de números y operación algebraicas básicas, siendo estas solo características específicas dentro de los trastornos.

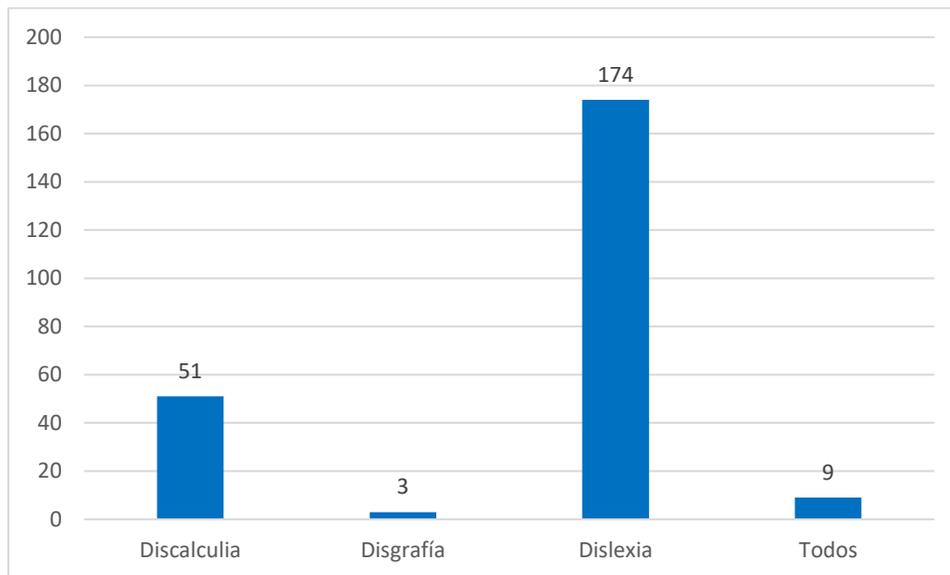


Figura 10 Número de Aplicaciones por trastorno, encontradas en tiendas de aplicaciones

4.3.2. Aplicaciones por sistema operativo

Al comparar el número de aplicaciones desplegadas para cada sistema operativo (Figura 11), se observa que IOS cuenta con más aplicaciones que Android, se esperaría que esta cifra fuera al revés debido a la popularidad en ventas que goza Android (Goasduff & Forni, 2016); además se un desarrollo casi nulo en Windows Phone, posiblemente asociado a sus escasas cifras en ventas (Goasduff & Forni, 2016), este cuenta con tan solo 2 aplicaciones para el apoyo a la dislexia; de igual manera, las aplicaciones Multi-OS (multi-sistema operativo) son pocas, esto debido al esfuerzo que conlleva la programación para dos sistemas operativos (Xanthopoulos & Xinogalos, 2013), sin embargo, se espera que con la incursión de nuevas tecnologías como: Xamarin⁵, Kony⁶

² <https://play.google.com/store/apps/details?id=fatinwahida.fyp.acer.kiddylex>

³ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rogerscenter.LearnReadWriteSpellPro>

⁴ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tiltangames.dinomathpreschool>

⁵ <https://www.xamarin.com/>

⁶ <http://www.kony.com/es>

o Titanium Appcelerator⁷, el esfuerzo implicado en la programación para varios sistemas operativos sea mínima, lo que dará como resultado el origen a muchas más aplicaciones multi-OS.

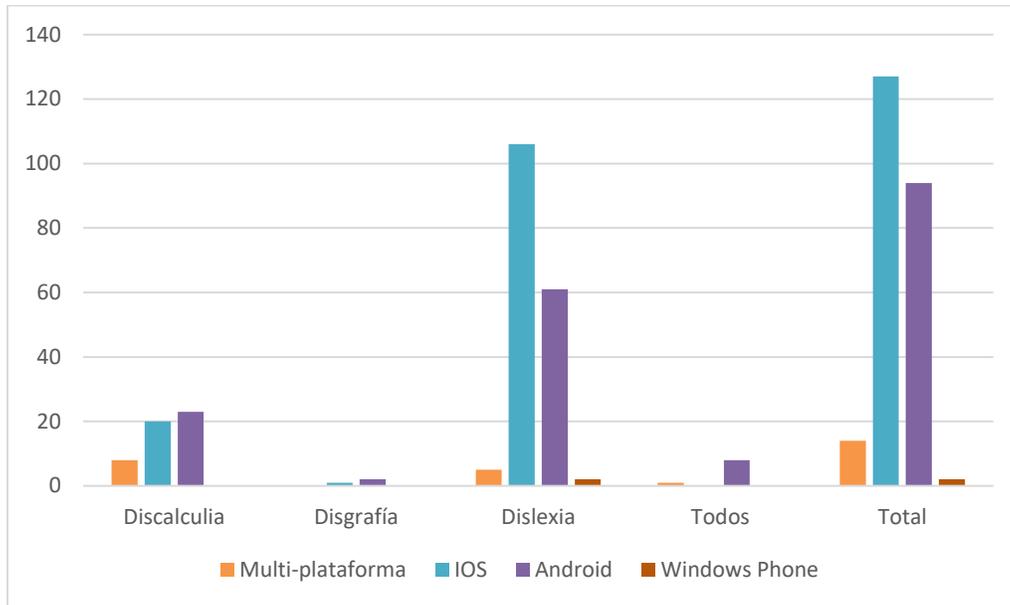


Figura 11 Número de Aplicaciones por Trastorno para cada Sistema Operativo

4.3.3. Aplicaciones por costo

Con relación al costo, se encontró un total de 168 aplicaciones gratuitas y 69 aplicaciones de pago (Figura 12); aunque, es necesario aclarar que muchas de las aplicaciones gratuitas contienen micro-pagos, los cuales limitan el uso de las aplicaciones reduciéndolas a un par de ejercicios básicos, en cambio en las aplicaciones pagas vienen con un contenido amplio y estándar el cual no se limita a futuros pagos. En cuanto al costo de las aplicaciones pagas, este oscila entre USD 1 y USD 20. Un aspecto que se destaca con relación a este ítem es que a diferencia de las aplicaciones gratuitas, las pagas están desarrolladas por centros especializados o personas afines con la educación especial para personas con TEAs, lo cual podría implicar un soporte especializado que debería garantizar la calidad del contenido. Aunque no todos, reportan estudios que así lo verifiquen; dentro de las tiendas móviles la aceptación de las aplicaciones pagas con respecto al número de descarga (esta característica es modificable por el desarrollador permitiendo la visualización o no de ella), estas no pasan de 1,000 descargadas a diferencia de las aplicaciones gratuitas las cuales pueden llegar hasta las 50,000 descargas

⁷ <http://www.appcelerator.com/>

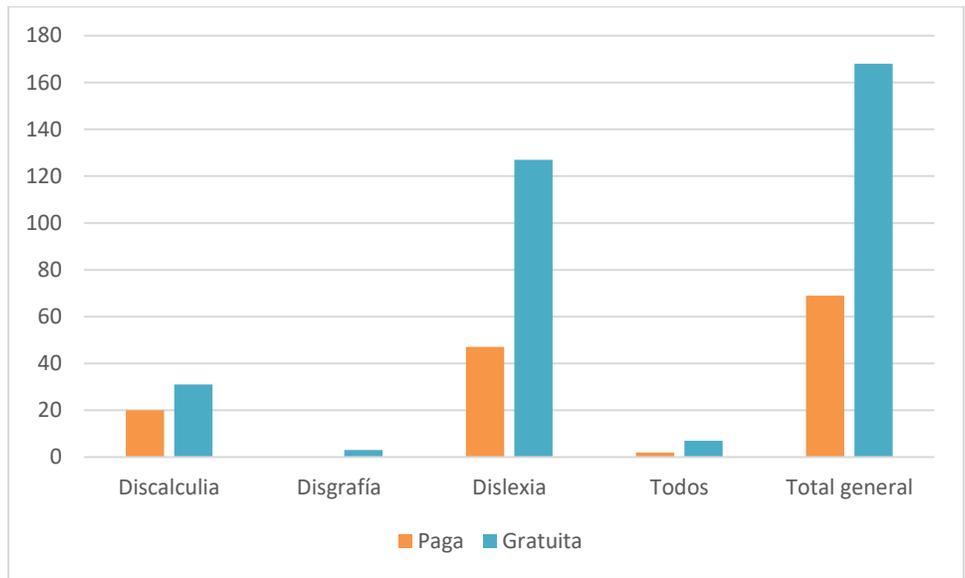


Figura 12 Número de Aplicaciones Pagas y Gratuitas para cada Trastorno

4.3.4. Aplicaciones por idioma

Al ser el Inglés el idioma de más injerencia a nivel mundial, este también cubre las aplicaciones móviles (Figura 13), 151 aplicaciones son desarrolladas en este idioma, con respecto a otros idiomas (Alemán, Árabe ,Checo ,Francés ,Italiano ,Sueco, Turco, Neerlandés), se agruparon ya que tan solo logran ser 22 aplicaciones, 39 aplicaciones son multi-idioma, es decir, se adaptan al sistema operativo del dispositivo móvil, esto facilita su uso por parte de cualquier usuario en el mundo, sin embargo solo cambia el menú, la información, terapia u diagnóstico son desarrollados en inglés o idioma origen. Aunque es deseable contar con aplicaciones multi-idioma, su desarrollo implica un esfuerzo importante, por lo que no son tan comunes, excepto en el caso de utilitarios de propósito general.

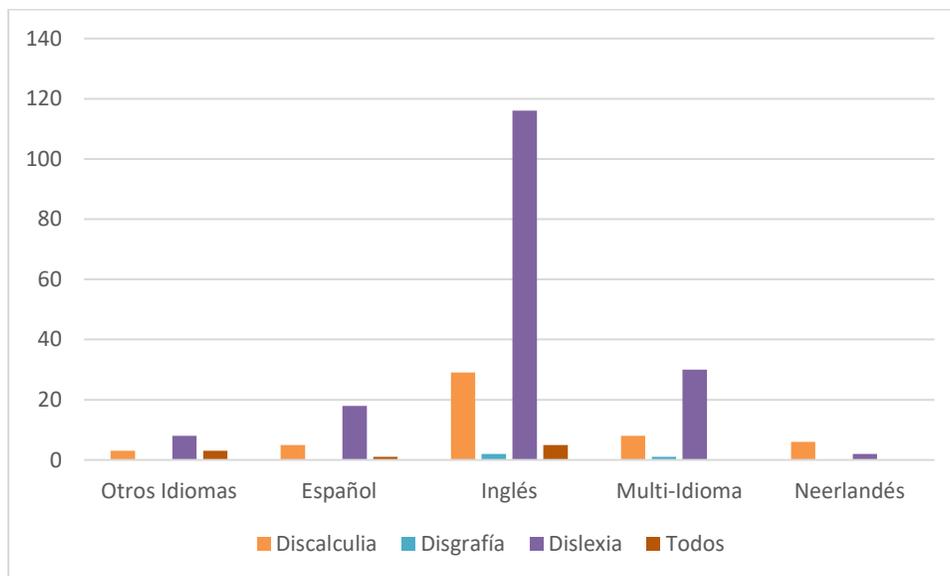


Figura 13 Número de Aplicaciones por Trastorno para cada idioma

4.3.5. Aplicaciones por público objetivo

En la Figura 14 se observa la distribución de aplicaciones desarrolladas por trastorno para cada público. El público objetivo de prevalencia son los niños, etapa en la cual el diagnóstico de estos trastornos es importante y donde se pueden ofrecer terapia a las dificultades; a pesar de esto, como se mencionó antes, existe no solo la posibilidad de que estos trastornos sean detectados en edad juvenil/adulta; y las aplicaciones infantiles no motivan su uso a estas personas e incluso pueden generar frustración. Para el público mayor, predominan las aplicaciones tipo herramienta; aunque estas pueden ser de uso general ayudando también a niños.

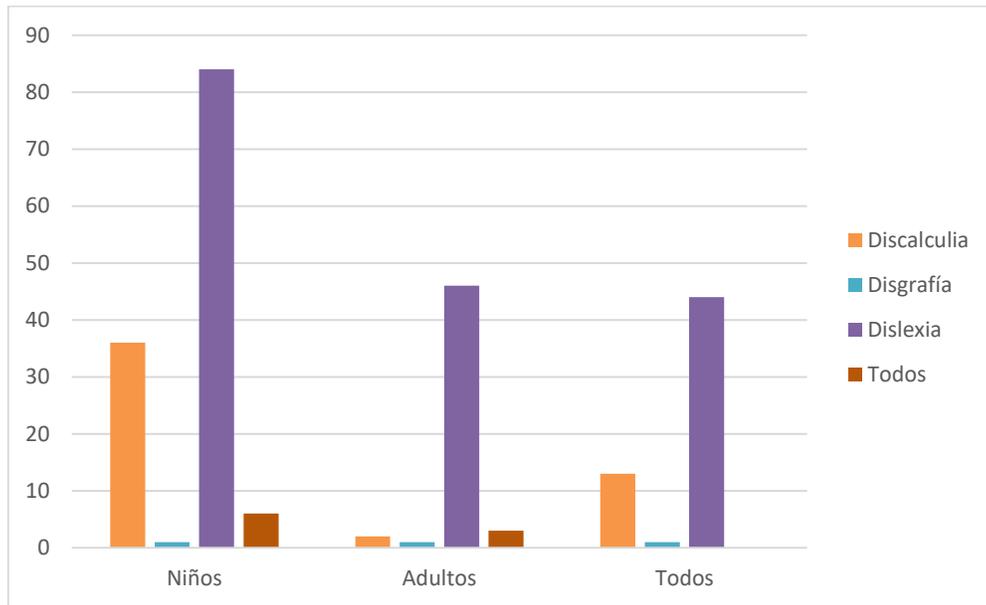


Figura 14 Número de Aplicaciones por Edad para cada Trastorno

4.3.6. Aplicaciones por funcionalidad

La Figura 15 presenta la distribución de aplicaciones según su funcionalidad, para cada uno de los trastornos considerados en la búsqueda. Como se puede observar, 145 aplicaciones son orientadas a los procesos de apoyo a la terapia, son estas las más representativas en los casos de dislexia y discalculia. La segunda funcionalidad con mayor cantidad de aplicaciones, corresponde a las herramientas de apoyo, con 67 aplicaciones. Cabe aclarar que en esta categoría se encontraron aplicaciones que son consideradas de propósito general, tales como lectores de pantalla o de pdf que, si bien son útiles para personas con dislexia no están diseñados específicamente para ellos. Luego, se encuentran las aplicaciones que proveen información (21), tanto para padres y cuidadores, como información sobre terapeutas y profesionales; las cuales, en su mayoría, son promovidas o avaladas por instituciones especializadas en el estudio, diagnóstico o tratamiento de estos trastornos. Finalmente, sólo 4 de las aplicaciones están orientadas a realizar procesos de tamizaje para el apoyo al diagnóstico de este tipo de trastornos. Tres de ellas se enfocan en el diagnóstico de la dislexia, a través de la implementación de evaluaciones normalizadas, en donde un experto analiza los datos de la prueba y emite el diagnóstico.

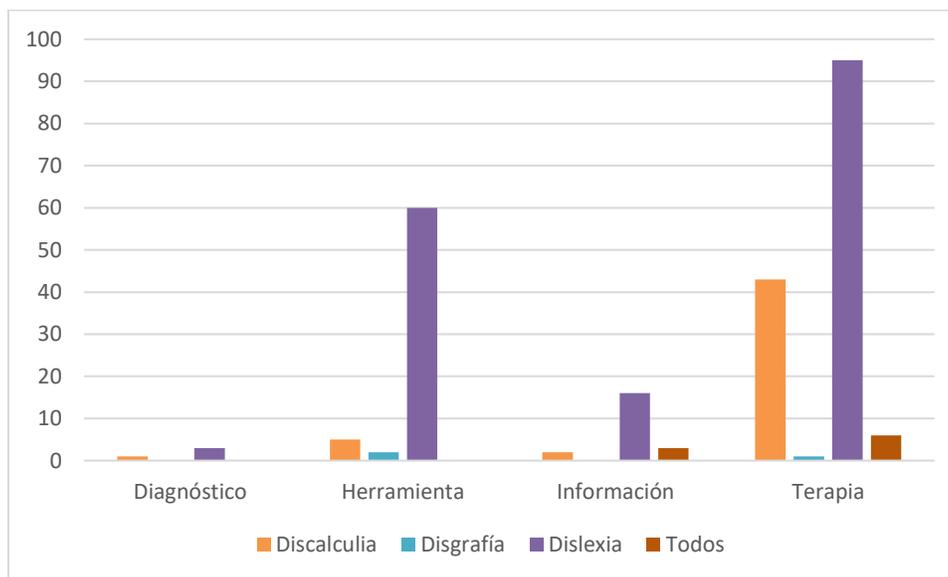


Figura 15 Número de Aplicaciones por Trastorno para cada Funcionalidad

A continuación se describen algunas de las aplicaciones más relevantes para cada funcionalidad.

Terapia

Este tipo de aplicación pretende apoyar el manejo de las TEAs mediante diferentes ejercicios propuestos, tales como: ejercicios de memoria, ejercicios matemáticos, reconocimiento de imágenes, emparejamiento de figuras. Muchas de estas aplicaciones pueden clasificarse como del tipo juegos-serios (Bergeron, 2006), los cuales introducen recompensas para incentivar al usuario a seguir ejercitándose. Ejemplos de estas aplicaciones en la funcionalidad de terapia son:

- Meister Cody Talasia⁸ - una aplicación gratuita de desarrollo híbrido (Android y IOS), para la terapia de la discalculia, desarrollada para Niños. Los ejercicios propuestos están dirigidos al posicionamiento numérico y el reconocimiento de cifras, los ejercicios son introducidos por medio de una historia donde se reciben recompensas midiendo el desempeño del usuario como se muestran en la Figura 16, esta cuenta con 100.000 descargas y una calificación de 4,1.

⁸ <https://play.google.com/store/apps/details?id=de.kaasahealth.Cody>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 16 Captura de la aplicación Meister Cody Talasia, en donde se presenta un ejercicio de conteo numérico

- GetWriting Free⁹ – una aplicación gratuita, desarrollada para IOS, cuyo trastorno objetivo es la disgrafía, con funciones multi-idioma y su público objetivo son los niños. Es una aplicación muy completa, pues cuenta con una interacción docente-alumno, en la cual en su primera parte el docente realiza el ejercicio y sus movimientos; luego, este envía los ejercicios a el alumno para que, en una segunda parte, este pueda realizar el ejercicio gráfico, este ejercicio contará con una calificación por parte del docente como se ve en la Figura 17 la forma para crear actividades por parte del docente.



Figura 17 Captura de la aplicación GetWriting Free en donde se describe la forma para generar actividades

⁹ <https://itunes.apple.com/es/app/getwriting-free/id879925485?mt=8>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Dyslexia Therapy Apps¹⁰ – aplicación gratuita, desarrollada para Android, cuyo trastorno objetivo es la dislexia, está desarrollada en inglés y su público objetivo son los niños. Cuenta con más de 10,000 descargas y una calificación de 4,2; los ejercicios propuestos pretenden mejorar la memoria visual del usuario a través de emparejamiento de imágenes, la búsqueda de formas y colores, además de ayudar a la diferenciación de letras en su escritura acompañados de su pronunciación como se ve en la Figura 18.

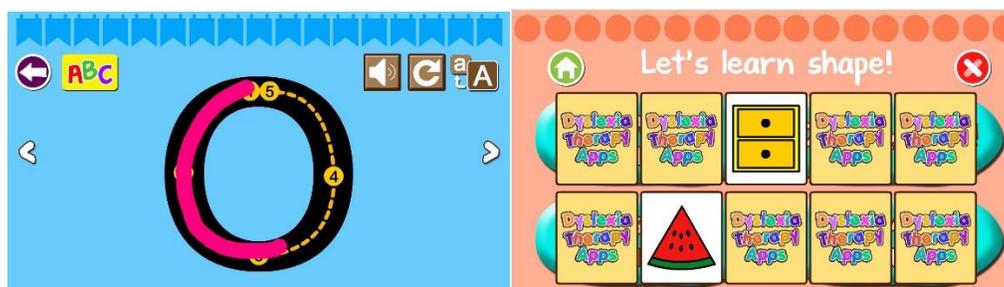


Figura 18 Captura de la aplicación Dyslexia Therapy Apps, en donde se presentan ejercicios de escritura y emparejamiento de imágenes

- NumberCatcher¹¹, Vektor¹²: son aplicaciones que proponen ejercicios matemáticos básicos y operaciones lógicas al usuario. En estas dos aplicaciones se hace terapia a la discalculia y ambas están enfocadas a un público infantil, cuentan con 1,000 y 50,000 descargas respectivamente, Vektor tiene una calificación de 4,4. Estas aplicaciones presentan ejercicios numéricos con representaciones de flores, frutos, puntos como se observa en la Figura 19, en donde se realizan operaciones básicas para obtener un resultado, vektor destaca por medir el progreso del usuario a través de un sistema de puntuación.

¹⁰ <https://play.google.com/store/apps/details?id=air.DyslexiaTherapyApps>

¹¹ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Manzalab.NumberCatcher>

¹² <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.cognitionmatters.vektor>



Figura 19 Capturas de pantalla de las aplicaciones NumberCatcher y Vektor en donde se presenta ejercicios de diferenciación numérica y sumas por formas

Herramientas de apoyo

Este tipo de aplicación pretende apoyar el manejo de las TEAs a través de una funcionalidad específica, que busca reducir una falencia concreta del individuo, se mejora así de manera momentánea. Ejemplos de aplicaciones tipo herramienta son:

- Modmath¹³ – una aplicación gratuita desarrollada para IOS, orientada al apoyo de la Discalculia. Está desarrollada en español y puede ser utilizada por todos; su función básica es ser una calculadora específica, la cual ayude a visualizar las operaciones y su éxito para resolverlas, en la Figura 20 se observa un ejemplo del uso de la interfaz.

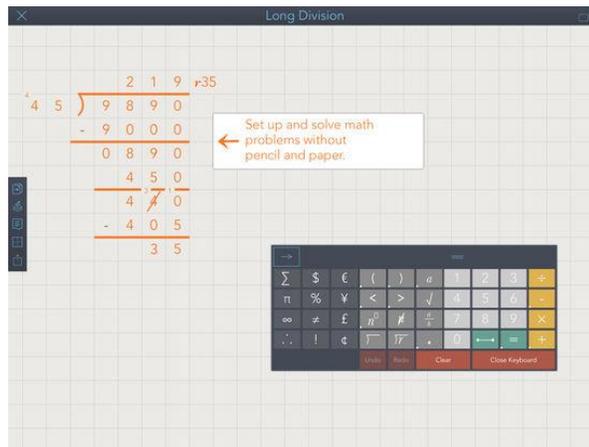


Figura 20 Captura de la aplicación Modmath, en donde se presenta la forma de resolver operaciones matemáticas

¹³ <https://itunes.apple.com/us/app/modmath/id821892964?mt=8>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Dyslexia Reading Assistant¹⁴: es una aplicación gratuita desarrollada para Android, cuyo trastorno objetivo es la Dislexia; está desarrollada en Inglés y su público objetivo son los Adultos y cuenta con más de 5,000 descargas y una calificación de 2,1. su función principal es el reconocimiento de texto en fotografías para su lectura con la función de lenguaje de Google como se ve en la Figura 21.



Figura 21 Captura de la aplicación Dyslexia Reading Assistant, en donde se ve como separa las palabras para reconocerlas en a traves de la camara

- 1000 English Words Color Coded¹⁵ – aplicación gratuita desarrollada para Android cuyo trastorno objetivo es la Disgrafía. Está desarrollada en inglés y puede ser usada por cualquier persona, cuenta con 1,000 descargas y una calificación 3,4. Aunque esta aplicación presenta la posibilidad de practicar la gramática en inglés como se observa en la Figura 22 sirve más como un glosario de consulta.



Figura 22 captura de la aplicación 1000 English Word Color Coded, en donde se presenta un ejercicio para completar de palabra

¹⁴ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.volcari.dyslexiaassistant>

¹⁵ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.exm.readingcolors>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- ROY G BIV math system¹⁶ es una aplicación para el apoyo a la disgrafía, que permite tomar notas, en esta se permite modificar las letras en tamaño y color, de igual forma completar tareas y enviar por correo o imprimirlas, en la Figura 23 se puede observar el entorno de trabajo.

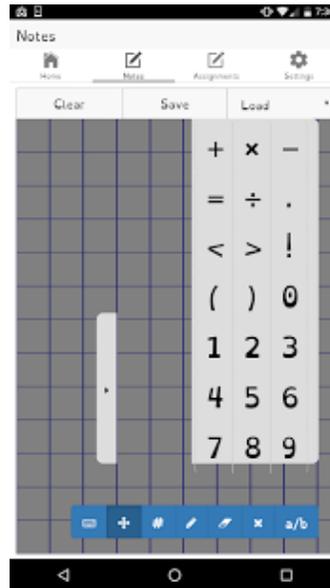


Figura 23 Captura de la aplicación ROY G BIV math system, en donde se ve el espacio para tomar nota con sus respectivas herramientas

- Calcadore¹⁷ aplicación desarrollada para iPhone, la cual es una calculadora que presenta la posibilidad de lectura de los números y las operaciones realizadas, a medida que el usuario digita, la aplicación lee el número, además de ponerlo en pantalla; lo cual ayuda al reconocimiento de los números. Como se observa en la Figura 24 está desarrollada en inglés.



Figura 24 Captura de la aplicación Calcadore, en donde se presenta la calculadora

¹⁶ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ionicframework.app278173>

¹⁷ <https://itunes.apple.com/co/app/calcadore/id870130830?mt=8>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Mind Glasses¹⁸ la cual es una aplicación que permite el re coloreado de textos, cambio de color tamaño y fuente escritos por el propio usuario, por medio de un test para calibrar la aplicación como se observa en la Figura 25, también cuenta con una función de voz para apoyar la lectura.

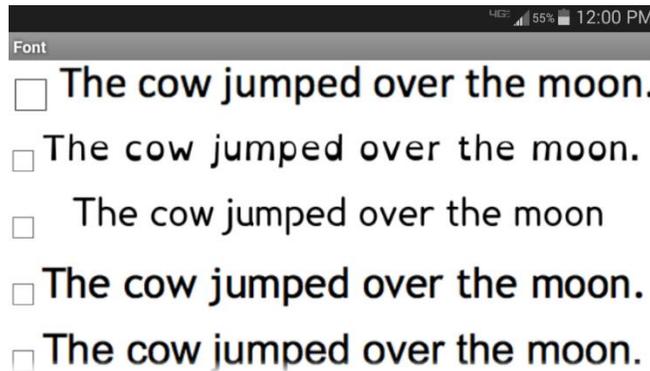


Figura 25 Captura de la aplicación Mind Glasses, en donde se presenta parte del test para calibrarla

Aplicaciones de Información

Son aplicaciones que suministran información acerca de los TEAs, orientada tanto a padres y cuidadores como educadores. Ejemplos de aplicaciones con funcionalidad información son:

- DyscalculiaServices¹⁹ – aplicación gratuita desarrollada para Android cuyo trastorno objetivo es la Discalculia, desarrollada en Inglés y su público objetivo son los padres de hijos con discalculia; proporciona información sobre la discalculia y una información básica de la doctora Schreuder para un posible contacto (Figura 26).

¹⁸ https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai_rishishridharan.Survey_Modifyfy

¹⁹ https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai_clcjvalk.DyscalculiaServices

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 26 Captura de la aplicación DyscalculiaServices, en donde se presenta la información de contacto de la Dr. Schreuder

- What it's dyslexia?²⁰ – una aplicación gratuita desarrollada para IOS cuyo trastorno objetivo es la Dislexia, desarrollada en inglés y su público objetivo son los niños; presenta la información mediante una historieta con los principales síntomas y tipos de dislexias (Figura 27), todo esto con el objetivo de informar al menor acerca de las situaciones cotidianas que se le pueden presentar.

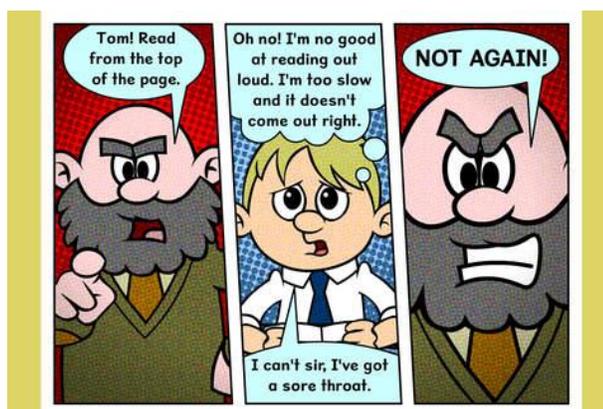


Figura 27 Captura de pantalla de la aplicación What it's Dyslexia, en donde se observa parte de la historieta cómica

- A Day in our shoes²¹ – aplicación gratuita desarrollada para Android, pretende abordar los TEAs, está desarrollada en inglés y su público objetivo son los adultos; presenta una recopilación de información: libros, apps, programas escolares y ofertas para las personas con dificultades académicas al igual que cognitivas como se ve en Figura 28.

²⁰ <https://itunes.apple.com/gb/app/what-is-dyslexia/id418150626?mt=8>

²¹ https://play.google.com/store/apps/details?id=com.app_adayinourshoes1.layout

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

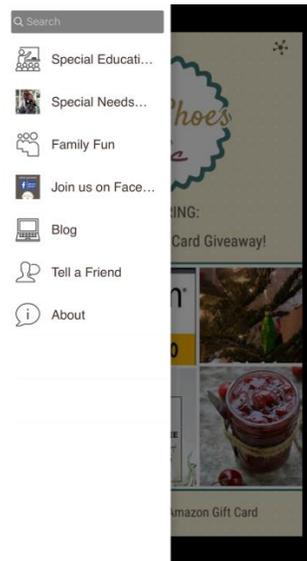


Figura 28 Captura de la aplicación A Day in our shoes, en donde se observa el menú de selección

- EÖDL Legasthenie²² y DVLD Legasthenieverband²³, desarrolladas por Dyslexia Research Center²⁴, aplicaciones enfocadas a la información sobre la dislexia, que además provee funciones de red social tipo Twitter (Figura 29) para mantener a las personas informadas y blog para compartir información sobre la experiencia.



Figura 29 Capturas de las aplicaciones EÖDL Legasthenie y DVLD Legasthenieverband, en donde se presenta los menús de las mismas

²² <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.appmachine.p5524F1>

²³ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.appmachine.p9674FB>

²⁴ <http://www.drcag.com/>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Diagnóstico

Este tipo de aplicación pretende realizar un tamizaje para la identificación de alguno de los TEAs, así como para identificar factores de riesgo. En general, consisten en la aplicación de evaluaciones normalizadas mediadas por software. Estas aplicaciones no son 100% efectivas, por tanto, recomiendan acudir a un especialista para confirmar el diagnóstico. Ejemplo de aplicaciones tipo diagnóstico son:

- Meister Cody - Test Normierung (Unreleased)²⁵- una aplicación desarrollada para Android cuyo trastorno objetivo es la discalculia, se encuentra en una fase beta de acceso anticipado, cuenta con una función multi-idioma y su público objetivo son los niños; aplica diferentes ejercicios aceptados dentro de los Test para la detección a la discalculia estos consisten en ejercicios numéricos representados con números(Figura 30) o figuras al final se enfatiza que es una aproximación a un diagnóstico.

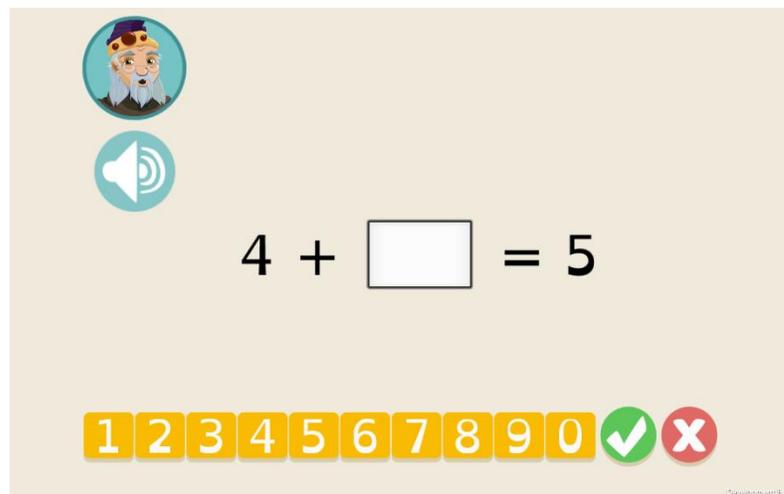


Figura 30 Captura de la aplicación Meister Cody - Test Normierung (Unreleased), en donde se observa una de los ejercicios

- Dyslexia warning signs²⁶ – aplicación gratuita desarrollada para IOS cuyo trastorno objetivo es la dislexia, desarrollada en inglés y puede ser utilizada por cualquier adulto; tiene un cuestionario que pretende ser de tipo diagnóstico el cual después de ser respondido genera un diagnóstico como se observa en Figura 31.

²⁵ <https://play.google.com/store/apps/details?id=de.kaasahealth.CodyTestNormierung>

²⁶ <https://itunes.apple.com/us/app/dyslexia-warning-signs-struggling-reader-discovery/id1050754612?l=es&mt=8>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

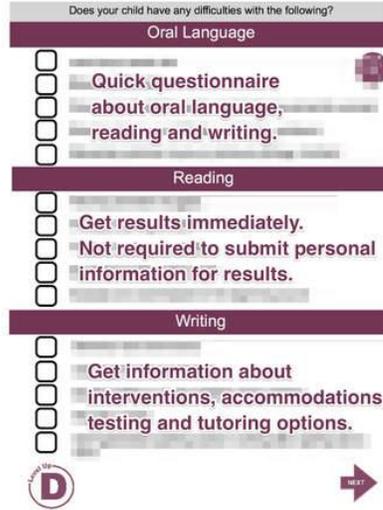


Figura 31 Captura de la aplicación Dyslexia warning signs, en donde se observa parte de los test

- Dyslexia Reading Test²⁷ aplicación desarrolla para Android pretende identificar problemas específicos de lectura y recomendar ejercicios de entrenamiento todo esto en ingles aplicando ejercicios de reconocimiento de palabras. Cuenta con 10,000 descargas y cuenta con una clasificación 4,1.

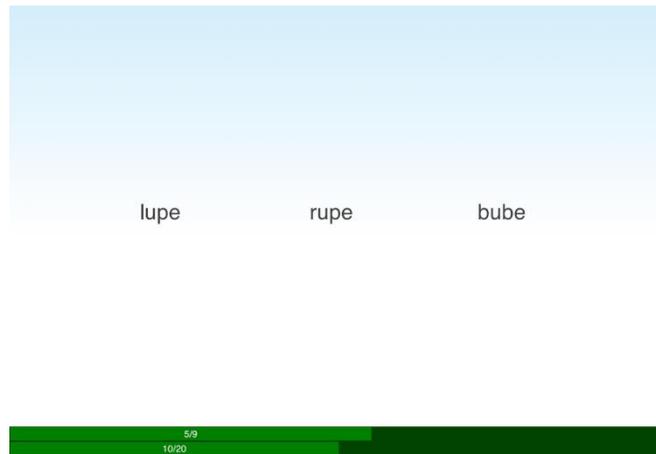


Figura 32 Captura de la aplicación Dyslexia Reading Test, en donde se observa uno de los ejercicios propuestos de selección de palabra

²⁷ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.onlinereadingtutor>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

Este trabajo presenta una revisión del estado actual de desarrollo de aplicaciones para el apoyo al manejo de los tres principales trastornos específicos del aprendizaje, como son: la dislexia, la discalculia y la disgrafía. La revisión abordó publicaciones académicas y científicas, recuperadas por medio de Google Académico y aplicaciones comerciales disponibles en tiendas de aplicaciones. Al respecto, se observó que este tipo de doble revisión, permite una visión más completa del estado actual de este tipo de tecnologías, pues se encontró que la mayoría de aplicaciones comerciales no tienen un soporte académico o científico, y de forma similar la mayoría de publicaciones académicas no se encuentran disponibles en tiendas de aplicaciones. Esto nos cuestiona sobre la aplicabilidad final y real de los trabajos desarrollados en los ámbitos académicos.

Sobre los resultados, es interesante encontrar, que aunque las aplicaciones recuperadas fueron diferentes para los dos casos; las tendencias sobre los aspectos evaluados se mantuvieron similares. Así, por ejemplo, en el caso de las tecnologías de despliegue se observó una marcada tendencia al uso de las tecnologías móviles; aunque, el desarrollo de aplicaciones para computador (standalone) y la web sigue vigente, esto permite su aplicación en poblaciones de países en vía de desarrollo, donde no se tienen niveles de conectividad continua. En este sentido, el desarrollo de aplicaciones híbridas (móvil, web, standalone) puede ser de interés, para masificar su uso.

En las revisiones quedan claras las funcionalidades que ofrecen las aplicaciones actualmente disponibles, estas son: terapia, diagnóstico, información y herramientas de apoyo. Se presenta mayor desarrollo en aplicaciones orientadas a la terapia, que buscan disminuir las dificultades y así apoyar a las personas afectadas. Las herramientas por su parte, disimulan las dificultades y pueden ser utilizadas por cualquier persona ubicando este tipo de funcionalidad en la segunda posición. En tercera posición, respecto a la cantidad de propuestas, se encuentran las aplicaciones que proveen información, aunque esta no está presente en la revisión de literatura. Este tipo de aplicaciones buscan suministrar información sobre las TEAs a familiares, cuidadores y educadores; una función altamente relevante en particular para difundir el conocimiento sobre los trastornos menos conocidos, sus síntomas y manejo. Finalmente, se encuentran las aplicaciones de apoyo al diagnóstico o tamizaje; las cuales, por lo general, consisten en versiones computacionales de pruebas estandarizadas, con puntos de corte establecidos en la psicología. El desarrollo de este

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

tipo de aplicaciones requiere un trabajo interdisciplinario que vincula profesionales de la ingeniería, el diseño, la neurología, la psicología, e incluso la pedagogía, como se refleja en el desarrollo de Meister Cody Talasia desarrollada por Kaasa health. En este punto se pueden orientar trabajos que apunten a desarrollar aplicaciones, o incluso plataformas multi-funcionales, que permitan apoyar cada una de las etapas de manejo de los trastornos, como lo son la detección, el diagnóstico, el tratamiento mediante terapias no farmacológicas y el seguimiento a la evolución. Así mismo, se puede explorar el uso de técnicas de aprendizaje computacional para apoyar el diagnóstico de cada trastorno.

En cuanto al público objetivo se observa que la población beneficiada con el desarrollo de estas aplicaciones en ambas revisiones es el público infantil, edad perfecta en la que el diagnóstico es oportuno y la terapia puede obtener mejores resultados, en cuanto a un público joven-adulto se observan desarrollo de herramientas de apoyo o soporte que buscan reducir las dificultades asociadas, sin embargo los aspectos de identificación y apoyo a la terapia no cuentan con propuestas para esta población. Este es un campo de desarrollo, en el que se deben involucrar metodologías de desarrollo centrado en el usuario, que permitan ofrecer soluciones que tengan en cuenta las condiciones específicas de cada trastorno, pero sin orientarse a interfaces infantiles que afectan la experiencia de estos usuarios.

Además de las posibles líneas de trabajo futuro enunciadas en los párrafos anteriores, se propone como trabajo futuro la selección y evaluación de la usabilidad, adherencia y efectividad de un conjunto de aplicaciones disponibles, con el fin de determinar factores de diseño e implementación que deben ser consideradas para el desarrollo de aplicaciones que realmente contribuyan al manejo de los trastornos específicos del aprendizaje.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

- (UDIDAM), U. de D. e I. de la D. y las D. M. (2008). Discalculia. Retrieved from <http://www.discalculia.es>
- Ahmad, S. Z., Jinon, N. I., & Rosmani, A. F. (2013). MathLexic: An assistive multimedia mathematical learning aid for dyslexia children. In *BEIAC 2013 - 2013 IEEE Business Engineering and Industrial Applications Colloquium* (pp. 390–394). IEEE. <https://doi.org/10.1109/BEIAC.2013.6560155>
- Alghabban, W. G. W., Salama, R. M. R., & Altalhi, A. (2016). M-Learning: Effective Framework for Dyslexic Students Based on Mobile Cloud Computing Technology, 5(2). <https://doi.org/10.17148/IJARCCCE.2016.52115>
- Avelar, L. O. de, Rezende, G. C., & Freire, A. P. (2015). WebHelpDyslexia: A Browser Extension to Adapt Web Content for People with Dyslexia. In *Procedia Computer Science* (Vol. 67, pp. 150–159). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.259>
- Bakker, D. J., Moerland, R., & Goekoop-hoetkens, M. (1981). Effects of hemisphere-specific stimulation on the reading performance of dyslexic boys: A pilot study. *Journal of Clinical Neuropsychology*, 3(2), 155–159. <https://doi.org/10.1080/01688638108403120>
- Banco Mundial. (2016). Usuarios de Internet (por cada 100 personas). Retrieved March 30, 2017, from <http://datos.bancomundial.org/indicador/IT.NET.USER.P2?view=map>
- Bartolomé, N. A., Zorrilla, A. M., & Zapirain, B. G. (2012). Dyslexia diagnosis in reading stage though the use of games at school. In *Proceedings of CGAMES'2012 USA - 17th International Conference on Computer Games: AI, Animation, Mobile, Interactive Multimedia, Educational and Serious Games* (pp. 12–17). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CGames.2012.6314544>
- Bergeron, B. (2006). *Developing Serious Games (Game Development Series)*. *Journal of Magnetic Resonance Imaging* (Vol. 34). Charles River Media. Retrieved from <http://www.citeulike.org/group/3106/article/1426623>
- Berk, J. (2004). The state of learning disabilities. *T And D*, 58, 34–39. <https://doi.org/Article>
- Borghese, N. A., Palmiotto, C., Essenziale, J., Mainetti, R., Granocchio, E., Molteni, B., ... Ferrante, S. (2016). Assessment of Exergames as Treatment and Prevention of Dysgraphia (pp. 431–436). Italy. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46669-9_72
- Boulos, M. N. K., Wheeler, S., Tavares, C., & Jones, R. (2011). How smartphones are changing the face of mobile and participatory healthcare: an overview, with example from eCAALYX. *Biomedical Engineering Online*, 10, 24. <https://doi.org/10.1186/1475-925X-10-24>
- Carrow-Woodfolk, E. (2016). *Comprehensive Assessment of Spoken Language*. Retrieved from <http://www.pearsonclinical.com/language/products/100000605/comprehensive-assessment-of-spoken-language-casl.html>
- Chang, S. H., & Yu, N. Y. (2014). The effect of computer-assisted therapeutic practice for

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- children with handwriting deficit: A comparison with the effect of the traditional sensorimotor approach. *Research in Developmental Disabilities*, 35(7), 1648–1657. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.03.024>
- Chang, S., & Yu, N. (2013). The Effect of Motor Learning Based Computer-Assisted Practice for Children with Handwriting Deficit – Comparing with the Effect of Traditional Sensorimotor Approach. *International Journal of Medical, Pharmaceutical Science and Engineering*, 7(10), 296–301.
- Dambul, N. D. (2014). Mobile Application Design and Development on Touch Screen Phones For Adults with Dyslexia.
- Démonet, J.-F., Taylor, M. J., & Chaix, Y. (2004). Developmental dyslexia. *Lancet*, 363(9419), 1451–60. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(04\)16106-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(04)16106-0)
- Deuel, R. K. (1995). Developmental dysgraphia and motor skills disorders. *Journal of Child Neurology*, 10 Suppl 1(1 suppl), S6–S8. <https://doi.org/10.1177/08830738950100S103>
- Ekhsan, H. M., Ahmad, S. Z., Halim, S. A., Hamid, J. N., & Mansor, N. H. (2012). The implementation of interactive multimedia in early screening of dyslexia. In *ICIMTR 2012 - 2012 International Conference on Innovation, Management and Technology Research* (pp. 566–569). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIMTR.2012.6236459>
- Farrell, M. (2014). Ninja Typers Web Application Final Project Report.
- Gilmor, T. (1999, January). The Efficacy of the Tomatis Method for Children with Learning and Communication Disorders: A Meta-Analysis. *International Journal of Listening*. Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1080/10904018.1999.10499024>
- Goasduff, L., & Forni, A. A. (2016). Gartner Says Worldwide Sales of Smartphones Grew 7 Percent in the Fourth Quarter of 2016. Retrieved April 4, 2017, from <http://www.gartner.com/newsroom/id/3609817>
- Gropper, R. J., Gotlieb, H., Kronitz, R., & Tannock, R. (2014). Working memory training in college students with ADHD or LD. *Journal of Attention Disorders*, 18(4), 331–345. <https://doi.org/10.1177/1087054713516490>
- Group., H. P. (2010). testzentrale. Retrieved from <https://www.testzentrale.de>
- Henderson, L. M., Taylor, R. H., Barrett, B., & Griffiths, P. G. (2014). Treating reading difficulties with colour. *BMJ*, 349(aug19 12), g5160–g5160. <https://doi.org/10.1136/bmj.g5160>
- Hurtado, J. A., Collazos, C. A., Cruz, S. T., & Rojas, O. E. (2012). Child Programming: Una Estrategia de Aprendizaje y Construcción de Software Basada en la Lúdica, la Colaboración y la Agilidad. *Revista Universitaria RUTIC*, 1(1), 9–14. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Julio_Hurtado3/publication/261522577_Child_Programming_process_A_software_development_model_for_kids/links/5528c5d40cf2779ab78e17aa.pdf
- Jang, Y. G. (2014). Mobile Colored Overlay and Application to Korean WRRT. *Life Science Journal*, 11(7). Retrieved from <http://www.lifesciencesite.com>
- Johnson, D. J. (1995). An overview of learning disabilities: psychoeducational perspectives. *Journal of Child Neurology*, 10 Suppl 1, S2–S5.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- <https://doi.org/10.1177/08830738950100S102>
- Kaufmann, L., & Von Aster, M. (2012). Diagnostik und intervention bei rechenstörung. *Deutsches Arzteblatt International*, 109(45), 767–778. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2012.0767>
- Korkman, M., & Peltomaa, A. K. (1993). Preventive Treatment of Dyslexia by a Preschool Training Program for Children with Language Impairments. *Journal of Clinical Child Psychology*, 22(2), 277–287. https://doi.org/10.1207/s15374424jccp2202_13
- La, E. N., Etapa, P., Adquisici, D. E. L. A., & Matem, D. E. L. A. S. C. (2010). Dificultades e intervención en la primera etapa de la adquisición de las competencias matemáticas. La discalculia. (2008). Retrieved February 13, 2017, from <http://www.discalculia.es/discalculia/Inicio.html>
- Lopez Peces, M. (2015). DISGRAFÍA Y DISORTOGRAFÍA: DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO EN ALUMNOS DE 2º DE E.P.
- Lupuleac, V. (2014). Physical education for the correction of dysgraphia in primary school pupils. *Educația Fizică În Corectarea Disgrafiei La Elevii Din Clasele Primare.*, 15(2), 122–126. Retrieved from <http://web.a.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authType=crawler&jrnl=15821943&AN=97139648&h=RlnWZItOJUfiTuqD6gZ%2BK%2FcYXpdzz6f21umgoMzXCJ%2FW5E%2F7Z6l%2FvKJOB8QWSw7Y3a%2BJ92iBY2z8zZrWolvZug%3D%3D&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resu>
- Mendeley Portal. (2008). Retrieved April 25, 2017, from <http://mendeley.com/>
- Ministerio de las Tecnologías de Información y Comunicaciones. (2015). ¿Qué son y para qué sirven las TIC? | En TIC confío. Retrieved April 26, 2017, from <http://www.enticconfio.gov.co/que-son-las-tic-hoy>
- Panata Niveló, A. G. (2012). *Aplicación de ayudas tecnológicas para mejorar la discalculia en los estudiantes del séptimo año de educación básica de la escuela “mariano castillo” del cantón quero provincia de tungurahua, noviembre 2010 – marzo 2011*. Universidad Tecnica de Ambato.
- Poblano, A., Borja, S., Elías, Y., García-Pedroza, F., & Arias, M. de L. (2002). Characteristics of specific reading disability in children from a neuropsychological clinic in Mexico City. *Salud Publica de Mexico*, 44(4), 323–327. <https://doi.org/10.1590/S0036-36342002000400005>
- Portellano Pérez, J. A. (2004). La dislexia: en todas las edades. *A Distancia*, (2), 81–85. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/extart?codigo=2386837%5Cnhttp://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2386837&orden=250398&info=link>
- Rello, L., Kanvinde, G., & Baeza-Yates, R. (2012). A mobile application for displaying more accessible ebooks for people with dyslexia. In *Procedia Computer Science* (Vol. 14, pp. 226–233). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2012.10.026>
- Robles, V. R., & Anguisaca, J. C. (2015). Análisis, diseño e implementación de una aplicación móvil para dispositivos Android para la gestión de planes de terapia para niños con trastornos de la comunicación y el lenguaje y desarrollo de un módulo

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

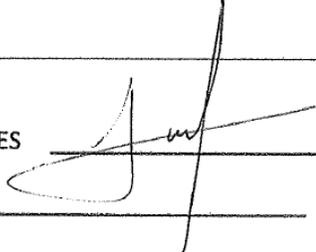
- prototipo para ingreso automático de campos a tra.
- Roswell, F. G., & Chall, J. S. (1992). Diagnostic Assessments of Reading, 1–3. Retrieved from <http://www.academictherapy.com/detailATP.tpl?eqskudatarq=DDD-1132>
- Saputra, M. R. U., & Risqi, M. (2015). LexiPal: Design, Implementation and Evaluation of Gamification on Learning Application for Dyslexia. *International Journal of Computer Applications*, 131(7), 37–43. <https://doi.org/10.5120/ijca2015907416>
- Semel, E., Wiig, E., & Secord, W. (2013). *Clinical Evaluation of Language Fundamentals, 5th edition*. Retrieved from <http://www.pearsonclinical.com/language/products/100000705/clinical-evaluation-of-language-fundamentals-fifth-edition-celf-5.html#tab-details>
- Shalev, R. S., Auerbach, J., Manor, O., & Gross-Tsur, V. (2000). Developmental dyscalculia: Prevalence and prognosis. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 9(SUPPL. 2), 1158-1164. <https://doi.org/10.1007/s007870070009>
- Shalev, R. S., & Gross-Tsur, V. (2001). Developmental dyscalculia. *Pediatric Neurology*. [https://doi.org/10.1016/S0887-8994\(00\)00258-7](https://doi.org/10.1016/S0887-8994(00)00258-7)
- Siem Knudsen, G. (2016). Statistical classification of dyscalculia symptoms using smartphones and behaviour of magnocellular cells. In *Studies in Health Technology and Informatics* (Vol. 221, p. 128). <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-633-0-128>
- Sigman, M. D., Yirmiya, N., & Capps, L. (1995). Social and cognitive understanding in high-functioning children with autism. In *Learning and cognition in autism* (pp. 159–176). Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1286-2_9
- Skiada, R., Soroniati, E., Gardeli, A., & Zissis, D. (2014). EasyLexia: A Mobile Application for Children with Learning Difficulties. *Procedia Computer Science*, 27(27), 218–228. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.02.025>
- Smits-Engelsman, B. C. M., Niemeijer, A. S., & Van Galen, G. P. (2001). Fine motor deficiencies in children diagnosed as DCD based on poor grapho-motor ability. *Human Movement Science*, 20(1–2), 161–182. [https://doi.org/10.1016/S0167-9457\(01\)00033-1](https://doi.org/10.1016/S0167-9457(01)00033-1)
- Solano, L., & Rodríguez, M. (2012). “Plasticidad cerebral y neurodidáctica de los trastornos de aprendizaje (dislexia, disgrafía y discalculia). Un estudio de caso”. *200.23.113.59*. Retrieved from <http://200.23.113.59/pdf/29369.pdf>
- Stroke, N. I. of N. D. and. (2001). National Institute of Neurological Disorders and Stroke. Retrieved from <http://www.ninds.nih.gov/>
- Tahan, O., Barake, F., Seliman, N., & Merhi, Z. (2015, December). My vWallet - A smartphone application for assisting people with math difficulties at point of sale. *2015 5th International Conference on Information & Communication Technology and Accessibility (ICTA)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICTA.2015.7426922>
- Vélez, C. T. G. A. E. B. A. (2005). Dificultad del aprendizaje de la lectura en las escuelas de una localidad de Bogotá. Retrieved October 11, 2016, from http://acnweb.org/acta/2005_21_4_280.pdf
- Willburger, E., Fussenegger, B., Moll, K., Wood, G., & Landerl, K. (2008). Naming speed in dyslexia and dyscalculia. *Learning and Individual Differences*, 18(2), 224–236.

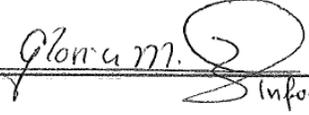
	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2008.01.003>

Xanthopoulos, S., & Xinogalos, S. (2013). A Comparative Analysis of Cross-platform Development Approaches for Mobile Applications. *Proceedings of the 6th Balkan Conference in Informatics*, 213–220. <https://doi.org/10.1145/2490257.2490292>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES 

FIRMA ASESOR  Informe Final.

FECHA ENTREGA: 04-03-2017

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___ ACEPTADO___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____