

Dysegxia o Piruletras: Ejercicios Lingüísticos para la Reeducción de la Dislexia en un Juego para Tableta

Luz Rello
Cookie Cloud
Barcelona, Spain

Clara Bayarri
Cookie Cloud
Barcelona, Spain

Azuki Gòrriz
Cookie Cloud
Barcelona, Spain

luzrello@acm.org

clarabayarri@gmail.com

idontocry@gmail.com

RESUMEN

En este artículo presentamos un juego educativo para niños con dislexia y un método para la creación de ejercicios de palabras que integra dicho juego. Los ejercicios están diseñados a partir del análisis lingüístico de los errores escritos por personas con dislexia combinando criterios lingüísticos con técnicas de procesamiento de lenguaje natural. Hemos diseñado 5.000 ejercicios, 2.500 para el español y 2.500 para el inglés y los hemos integrado en un juego (*Dysegxia*, o *Piruletras* en su versión en español) para tableta disponible para iOS y Android.

Categories and Subject Descriptors

K.3 [Computers in Education]: Computer Uses in Education—*Computer-assisted instruction*; K.4 [Computers and Society]: Social Issues—*Assistive technologies for persons with disabilities*

General Terms

Design, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Dislexia, ejercicios de refuerzo, lingüística, análisis de errores, creación de corpus, juego, Android, iOS, español, inglés.

1. INTRODUCCIÓN

Se estima que entre un 10 y un 17.5% de la población de Estados Unidos [11] y entre 7,5% y un 11% de los hablantes de español tienen dislexia [5], un trastorno del aprendizaje de origen neurológico que afecta a las habilidades lecto-escritoras [12]. Superar la dislexia supone un gran esfuerzo por parte del niño y, en general, requiere hacer reeducación. Gran parte de esta reeducación incluye ejercicios con palabras [3]. Sin embargo, los ejercicios actuales en papel, presentan dos **limitaciones**:

- No se ha explotado el potencial de las herramientas informáticas que permiten, por ejemplo, diseñar los ejercicios personalizados en función de los errores del niño o adaptar los ejercicios en función del rendimiento del usuario.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Conference '10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.
Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.



Figura 1. Crecimiento de la mascota del juego (arriba). Pantalla principal y ejercicio de *Dysegxia* para el inglés (abajo).

- El formato en papel de los ejercicios supone una dificultad añadida ya que la disgrafía¹ y la dislexia son trastornos comórbidos.² Asimismo, estudios recientes con *eye-tracking* [26] han demostrado que las personas con dislexia leen significativamente más rápido en pantalla cuando el texto se presenta de acuerdo a ciertos parámetros específicos. Sin embargo, el formato en papel impide presentar el texto de esta forma.

En este artículo presentamos un método para la creación de ejercicios de apoyo de palabras para niños con dislexia y otras dificultades de lecto-escritura. Este método permite la creación de ejercicios personalizados en función de las necesidades de los participantes ya que los ejercicios se nutren del análisis empírico de errores de niños con dislexia combinando diferentes fuentes de conocimiento (neurociencia cognitiva, lingüística y pedagogía). Estos ejercicios pedagógicos han sido integrados en un juego para dispositivos móviles en iOS³ y Android.⁴ El formato digital permite aislar los problemas lingüísticos de los problemas debidos a la escritura manual y presentar el texto con un diseño adaptado para las personas con dislexia.

¹ Disgrafía es un trastorno de escritura asociado no sólo con las habilidades motoras que participan en la escritura, sino también codificación ortográfica [19].

² El término *comórbido* se refiere a la simultaneidad de dos trastornos que son independientes el uno del otro [14].

³ <https://itunes.apple.com/es/app/piruletras/id534986729?mt=8>

⁴ <http://dysegxia.com>.

A continuación presentamos los trabajos relacionados con nuestro estudio (Sección 2) y las fuentes de conocimiento de las que se nutre el diseño de los ejercicios (Sección 3). Después explicamos su método de creación (Sección 4), otros factores que se han tenido en cuenta al integrar los ejercicios en un juego (Sección 5) y los planes de trabajo futuro (Sección 6).

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Hemos dividido los trabajos relacionados en dos áreas [25]:

(a) Ejercicios para los niños con dislexia. Además de los libros impresos con ejercicios de palabras [3, 10], encontramos recursos en la Web que contienen ejercicios para niños con dislexia, como *El patinete*,⁵ con ejercicios para imprimir, o como *Espacio Logopédico*,⁶ que incluye libros de ejercicios.

(b) Aplicaciones móviles y tabletas de apoyo para la dislexia. La mayoría de las herramientas existentes se centran en la modificación de la presentación de los textos [14, 28] y en la corrección ortográfica [16, 21]. Otras aplicaciones dirigidas a niños con problemas de aprendizaje son: *Dyslexic like me*,⁷ con una guía para niños con dislexia y *Dyslexia Quest*,⁸ que incluye pequeños juegos. También encontramos aplicaciones para mejorar la ortografía, como *Word Magic*⁹ o *Spelling Bee*.¹⁰ Para el español sólo hemos hallado, *Dislexia Ejercicios Prácticos*¹¹ que incluye diferentes tipos de juegos.

Nuestro juego se diferencia del resto en el proceso del diseño de los ejercicios, ya que nuestro método parte del análisis empírico de los errores que cometen niños con dislexia.

3. FUENTES DE CONOCIMIENTO

En esta sección explicamos las dos fuentes de conocimiento principales que utilizamos para el diseño de los ejercicios: (1) los errores escritos por personas con dislexia y (2) las dificultades específicas de las personas con dislexia.

3.1 Errores Disléticos

Las personas con dislexia presentan tasas de errores de ortografía más altas que las de los no disléticos [6]. Los errores escritos por personas con dislexia se han utilizado para descubrir diferentes aspectos de la dislexia además de para realizar herramientas especializadas como correctores automáticos [21]. Por ejemplo, los tipos específicos de errores disléticos ponen de relieve diferentes aspectos de la dislexia tales como un déficit de procesamiento fonológico [17]. Los errores de dislexia pueden llegar a ser tan útiles que hasta existe un diagnóstico de dislexia basado en el porcentaje de errores [29]. Como los errores escritos por personas con dislexia aportan información sobre la dislexia misma, asumimos que dichos errores son un reflejo de las dificultades que estas personas encuentran y, por lo tanto, utilizamos estos errores como fuente de conocimiento para la creación de ejercicios.

⁵ <http://www.elpatinete.com>

⁶ <http://www.espaciologopedico.com>

⁷ <http://itunes.apple.com/us/app/dyslexia/id490719400?ls=1&mt=8>

⁸ <http://itunes.apple.com/gb/app/dyslexia-quest/id448166369?mt=8>

⁹ <http://itunes.apple.com/us/app/word-magic/id293630633?mt=8>

¹⁰ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.socratica.mobile.spelling&hl=en>

¹¹ <http://itunes.apple.com/es/app/dislexia-ejercicios-practicos/id511015714?mt=8>

Creación de Corpus de Errores. Hemos compilado un corpus (*DysCorpus*) de textos escritos por niños con dislexia que está compuesto por 68 textos (955 errores). Los textos son redacciones de colegio de niños disléticos de entre 6 y 15 años. En [24] se puede encontrar una descripción de la primera versión de este corpus donde se describen las frecuencias y los tipos de errores encontrados, así como los criterios de creación y anotación del corpus.

Análisis de Errores. Del corpus extraemos manualmente los errores y anotamos la siguiente información:

- **Tipo de error:**
 - Error simple **vajo (bajo)*, o múltiple **ilistnador (ilustrador)*;
 - Error que da lugar a una palabra existente **ja (ya)*, o no existente **ferai (feria)*;
 - Error de (i) sustitución, **ja (ya)*, (ii) inserción, **sigilosarmente (sigilosamente)*, (iii) omisión, **imovilió (inmovilizó)* o (iv) transposición, **ferai (feria)*.
 - Errores de división **per sona (persona)* o de unión de palabras **alaño (al año)*.
 - Errores en la primera **otr (otro)* y última letra **ma (más)*.
- **Letras** implicadas en el error
- **Contexto** en el que se produce el error (las letras anteriores y posteriores).
- **Distancia de Levenshtein**¹² entre la palabra incorrecta y la correcta.

3.2 Dificultades Específicas

De los estudios de neurociencia cognitiva [7, 8, 9, 20] hemos extraído las dificultades específicas de lenguaje que tienen las personas con dislexia y las hemos agrupado según niveles de lenguaje.¹³

- **Ortografía:**
 - **(a.1)** Palabras ortográficamente similares, *bata* y *pata*.
 - **(a.2)** Adición, omisión, y reconocimiento de números y letras.
 - **(a.3)** Mala ortografía.
- **Fonética:**
 - **(b.1)** Palabras fonéticamente similares, *percepto* y *perfecto*.
 - **(b.2)** Palabras irregulares.¹⁴
 - **(b.3)** Palabras homófonas, *ora* y *hora*.
 - **(b.4)** Extranjerismos, *wisky*.
- **Morfología:**
 - **(c.1)** Errores de derivación, **miedante (miedoso)*.
- **Léxico:**
 - **(d.1)** Palabras nuevas, *chocaviar*.
 - **(d.2)** Pseudo-palabras,¹⁵ *pataca*.

¹² El número de cambios de letras que hay que realizar para llegar desde la palabra incorrecta a la palabra correcta [15].

¹³ Hemos incluido los niveles del lenguaje hasta el nivel léxico porque son los que competen al diseño de nuestros ejercicios.

¹⁴ Palabras en las que no existe una correspondencia constante entre el grafema y el fonema. Como el español tiene una ortografía transparente no encontramos tan frecuentemente este tipo de palabras como en inglés, *vase* pronunciado como /vaz/.

- (d.3) Palabras poco frecuentes, *prístino*.
- (d.4) Palabras largas, *prestidigitador*.
- (d.5) Adición, omisión y reconocimiento de palabras.
- (d.6) Sustitución de palabras funcionales,¹⁶ *en* en vez de *de*.
- (d.7) Confusión de palabras pequeñas, *es* y *es*.
- (d.8) Reconocimiento de errores.
- (d.9) Expresiones numéricas escritas con palabras.

4. DISEÑO DE LOS EJERCICIOS

En esta sección se explica el método para diseñar los ejercicios. Primero explicamos el tipo de ejercicios luego como hemos llevado a cabo la selección y modificación de palabras, de los distractores y de sus niveles de dificultad.

4.1 Clases de Ejercicios

Hemos creado seis tipos de ejercicios en los que se presenta una o varias palabras con errores y el niño debe corregirlas creando palabras válidas. Los ejercicios con palabras han sido diseñados en función de (a) las dificultades específicas y (b) los ejercicios pedagógicos actuales. Por ejemplo, los de inserción, omisión y de separación se recomiendan en pedagogía [3, 10].

Las clases de ejercicios se describen a continuación, donde el tipo de dificultad específica a la que apoya se encuentra entre paréntesis. Todo ellos apoyan la mala ortografía (a.3) y el reconocimiento de errores (d.8).

- **Inserción:** añadir letras (dificultades a.1, a.2, b.1, b.2 y b.3) (Figura 2, abajo).
- **Omisión:** quitar letras (dificultades a.1, a.2, b.1, b.2 y b.3).
- **Derivación:** seleccionar la terminación correcta (dificultades c.1).
- **Sustitución:** sustituir una letra (dificultades a.1, a.2, b.1, b.2 y b.3) (Figura 2, arriba).
- **Separación:** cortar en palabras. Este conjunto de palabras suele estar formado por una combinación de palabras léxicas y funcionales (dificultades d.5, d.6, d.7 y d.9) (Figura 2, centro).
- **Transposición:** reordenar las letras o sílabas de una palabra (dificultad a.2).

4.2 Selección de Palabras

Para la selección de las palabras que incluyen los ejercicios hemos definido los siguientes criterios lingüísticos:

Frecuencia mínima: hemos incluido las palabras que aparecen en los errores de *DysCorpus* (e.g. **prupo*, *grupo*) y cuya frecuencia fuera igual o superior a un umbral de frecuencia mínima de uso. La frecuencia mínima ha de cumplir dos condiciones. En primer lugar la palabra ha de tener al menos 15 apariciones por millón de palabras, *F/millón* en el *Diccionario de frecuencias de las unidades lingüísticas del castellano* [1].



Figura 2. Ejercicios de sustitución (arriba), separación (centro) e inserción (abajo)

En segundo lugar, la palabra ha de tener al menos 30 millones de apariciones en la Web en documentos escritos en castellano.¹⁷ El umbral de frecuencia mínima de uso pretende ser una garantía de la utilidad de los ejercicios (dificultad d.3).

Longitud: las palabras tienen una longitud mínima de 2 y una máxima de 12 letras (dificultades d.4 y d.7). Las palabras funcionales y las palabras más cortas se encuentran en los ejercicios de separación (dificultades d.6 y d.7).

¹⁵Una palabra que no existe pero que estructuralmente es posible en el lenguaje.

¹⁶Las palabras funcionales son palabras que expresan las relaciones gramaticales y tienen poco significado léxico, como las preposiciones o los artículos.

¹⁷Hemos utilizado Google Advanced Search: http://www.google.com/advanced_search

Palabras existentes: sólo hemos incluido palabras castellanas que aparecen en el Diccionario de la Real Academia Española [23]. No hemos tenido en cuenta extranjerismos, pseudo-palabras y palabras irregulares (dificultades **a.3**, **b.2**, **b.3** y **b.4**).

Lemas: las palabras léxicas se presentan como *lemas*, es decir, se presentan en su forma canónica, por ejemplo *cantar* en vez de *cantaba*, a no ser que la palabra flexionada sea al menos dos veces más frecuente.

Esto lo decidimos así porque los procesos morfológicos que intervienen en la morfología flexiva (flexión y conjugación) tienden a ser regulares en español y por lo tanto se procesan de forma diferente que el resto de la adquisición del léxico [4] (dificultad **d.6**).

4.3 Modificación de Palabras

En cada ejercicio se presenta una **palabra inicial** con un error que determina el tipo de operación que hay que hacer. Por ejemplo en **abía (había)* hay que insertar la letra *<h>*. Todos los errores de *DysCorpus* con un error simple se han usado como palabras iniciales de los ejercicios. El resto de las palabras iniciales con errores las hemos generado a partir de los patrones lingüísticos de errores extraídos de *DysCorpus* aplicados a las palabras más comunes del castellano siguiendo dos pasos:

- **Selección de letras erróneas:** las letras erróneas de las palabras iniciales se eligen en función de su frecuencia en nuestro corpus de errores. Por ejemplo, para los ejercicios de insertar un letra seleccionamos las letras que más frecuentemente han sido omitidas en el corpus de errores, como *<h, s, r>* o *<n>*.
- **Posición de los errores:** como en *DysCorpus* los errores ocurren con mayor frecuencia en las sílabas trabadas¹⁸ (16,66%), en las letras dobles (12,5%), y en la primera y en la última letra de la palabra (26%) hemos incluido más ejercicios que atañen a estos contextos de la palabra.

4.4 Selección de Distractores

Los distractores son las opciones incorrectas que se presentan junto a la respuesta correcta en un ítem de opción múltiple con el fin de *distráer* al jugador [18].

Hemos seleccionado como distractores los grafemas que se confunden más frecuentemente en el corpus agrupados según los siguientes criterios lingüísticos [27]:

- **Grafemas fonéticamente similares (o iguales).** Por ejemplo, *<y|i>*, *<c|z>*, *<c|q>*, *<b|v>* o *<g|j>*.
- **Grafemas ortográficamente similares.** Por ejemplo, *<y|j>*, *<n|r>*, *<b|d|g|q>*, *<ñ|n>* o *<rr|ll>*.
- **Grafemas fonética y ortográficamente similares,** como *<m|n>* y *<b|p>*.

4.5 Niveles de Dificultad

Para la creación de los niveles de dificultad hemos considerado las dificultades específicas de las personas con dislexia. A medida que aumenta el nivel de dificultad, las palabras son menos frecuentes, son más largas, tienen una morfología más compleja, y tienen una mayor similitud fonética y ortográfica con otras palabras. Los cinco parámetros que definen los niveles son:

- **Frecuencia.** La frecuencia de uso de la palabra se determina utilizando el mismo criterio explicado en la sección 4.2 (dificultad **d.3**).

- **Longitud.** Número de letras por palabra (dificultad **d.4**).
- **Similitud Fonética y Similitud Ortográfica.** Como el castellano tiene una ortografía transparente [30], ambas similitudes, la fonética y la ortográfica, están muy relacionadas salvo alguna excepción, por ejemplo la *<h>* no se pronuncia. Hemos calculado la similitud fonética y ortográfica a partir del número de vecinos que tiene la palabra por cada millón de palabras *NNF*.¹⁹ Para calcular el *NNF* hemos consultado la base de datos de índices de frecuencia, longitud y vecindad ortográfica en español [20]²⁰ (dificultades **a.2** y **b.1**).
- **Complejidad Morfológica.** Para medir la dificultad morfológica tomamos en cuenta el número de morfemas (excepto los morfemas de inflexión) de la palabra. Por ejemplo, *sombra* tiene un morfema, *sombrero* (*sombra* + *ero*), tiene dos morfemas y (*sombr* + *er* + *ero*, 'sombbrero') tiene tres morfemas [2] (dificultad **c.1**).

5. INTEGRACIÓN EN UN JUEGO

La eficacia de los ejercicios no solo depende del contenido de los mismos sino también de otros factores propios de los juegos para dispositivos electrónicos como son la interacción, la presentación del texto o la experiencia del usuario.

Se ha cuidado que la **interacción** del juego sea simple e intuitiva, aprovechando las capacidades táctiles de los dispositivos móviles. Por ejemplo, para mover una letra basta con desplazarla con el dedo al lugar que corresponda.

Como el **diseño del texto** (color, fuente, tamaño, etc.) tiene un efecto significativo en el rendimiento lector de las personas con dislexia, *Dysegxia* presenta el texto siguiendo parámetros en los que este grupo alcanza la mejor legibilidad en pantalla [26].

Para intentar mejorar la **experiencia de usuario**, hemos mejorado el juego incluyendo los resultados de una evaluación que llevamos a cabo con 12 niños con dislexia utilizando la técnica de pensar en voz alta (*think-aloud*). Por ejemplo, hemos añadido logros en el juego: hay un marcador con puntos y un pingüino que nace, crece y gana premios a medida que se resuelven ejercicios (Figura 1). Con el fin de involucrar a los jugadores, los logros se pueden compartir en línea con el resto de los jugadores a través del iOS Game Center.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este artículo hemos presentado un método para la creación de ejercicios de apoyo para niños con dislexia a partir de la explotación de un corpus de errores disléxicos, combinando criterios lingüísticos, pedagógicos y cognitivos.

Al transformar los ejercicios en un juego utilizando dispositivos digitales esperamos que los niños se motiven a trabajar de forma regular, ayudándoles a superar la dislexia. El método ha sido adaptado para la lengua inglesa y en la actualidad *Dysegxia* cuenta con 5.000 ejercicios, 2.500 para el español y 2.500 para el inglés.

¹⁹ Los vecinos son todas las palabras con la misma longitud que se diferencian tan sólo en una letra [8], por ejemplo, algunos vecinos de *casa* son: *masa*, *cosa*, *cama* y *caso*.

²⁰ <http://www.psico.uniovi.es/REMA/v8n2/a1/anexos.zip>

¹⁸ Cuando la sílaba termina en consonante.

Dysegxia se encuentra disponible de forma gratuita en App Store²¹ y, desde su lanzamiento en junio de 2012, ha sido descargado más de 10.000 veces (Figura 3).

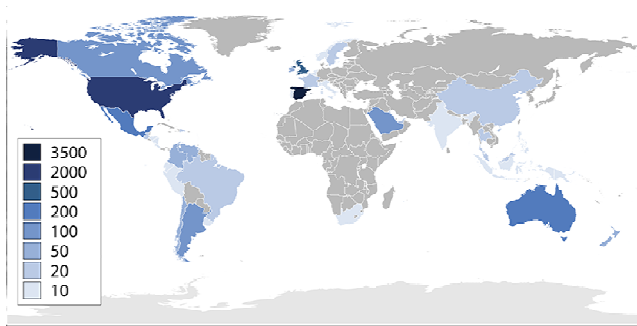


Figura 3. Número de descargas *Dysegxia* en julio de 2013.

Al menos, tres centros que apoyan a niños con dislexia, Creix²², Coddia²³ y Uditta²⁴, han integrado *Dysegxia* en su currículo.

En estos momentos nos hayamos realizando una evaluación longitudinal en colaboración con un colegio, lo que nos permitirá analizar el impacto a largo plazo de *Dysegxia* en las habilidades lecto-escritoras de los niños. Asimismo, estamos trabajando en la adaptación del método para otras lenguas como el catalán y en la monitorización del rendimiento del jugador para adaptar automáticamente los ejercicios según sus necesidades.

7. REFERENCIAS

- [1] J. Alameda and F. Cuento. *Diccionario de frecuencias de las unidades lingüísticas del castellano*. Universidad de Oviedo, 1995.
- [2] R. Almela Pérez. *Procedimientos de formación de palabras en español*. Ariel, 1999.
- [3] C. Baro Tizón. Conocer la dislexia y corregirla. *Innovación y experiencias educativas*, 14:1–9, 2009.
- [4] A. Caramazza, A. Laudanna, and C. Romani. Lexical access and inflectional morphology. *Cognition*, 28(3):297–332, 1988.
- [5] M. S. Carrillo, J. Alegría, P. Miranda, and S. Pérez. Evaluación de la dislexia en la escuela primaria: Prevalencia en español. *Escritos de Psicología*, 4(2):35–44, 2011.
- [6] C. Coleman, N. Gregg, L. McLain, and L. W. Bellair. A comparison of spelling performance across young adults with and without dyslexia. *Assessment for Effective Intervention*, 34(2):94–105, 2009.
- [7] M. Coltheart. Phonological dyslexia: Past and future issues. *Cognitive Neuropsychology*, 13(6):749–762, 1996.
- [8] M. Coltheart, E. Davelaar, T. Jonasson, and D. Besner. Access to the internal lexicon. *Attention and Performance VI*, pages 535–555, 1977.
- [9] F. Cueto and F. Valle. Modelos de lectura y dislexias. *Infancia y Aprendizaje*, 44:3–19, 1988.
- [10] L. González Cruz. Retos del orientador educativo: cuando leer y escribir es difícil. *Revista Arista Digital*, 15:133–143, 2011.
- [11] Interagency Commission on Learning Disabilities. *Learning Disabilities: A Report to the U.S. Congress*. Government Printing Office, Washington DC, U.S., 1987.
- [12] International Dyslexia Association. *Frequently Asked Questions About Dyslexia*, 2011. <http://www.interdys.org/>.
- [13] J. E. Jiménez and M. d. I. L. Tabraue. Comorbilidad con otros trastornos del aprendizaje: Dislexia y disgrafía. *Dislexia en español: prevalencia e indicadores cognitivos, culturales, familiares y biológicos*, pages 119–136. Ediciones Pirámide, 2012.
- [14] G. Kanvinde, L. Rello, and R. Baeza-Yates. IDEAL: a dyslexic-friendly e-book reader (poster). *Proc. ASSETS '12*, pages 205–206, Boulder, USA, October 2012. ACM Press.
- [15] V. Levenshtein. Binary codes capable of correcting spurious insertions and deletions of ones. *Problems of Information Transmission*, 1:8–17, 1965.
- [16] A. Q. Li, L. Sbattella, and R. Tedesco. PolisPELL: an adaptive spellchecker and predictor for people with dyslexia. *User Modeling, Adaptation, and Personalization*, pages 302–309. Springer, 2013.
- [17] S. Lindgrén and M. Laine. Multilingual dyslexia in university students: Reading and writing patterns in three languages. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 25(9):753–766, 2011.
- [18] R. Mitkov, L. A. Ha, A. Varga, and L. Rello. Semantic similarity of distractors in multiple-choice tests: extrinsic evaluation. *Proc. EACL Workshop GeMS '09*, pages 49–56. Association for Computational Linguistics, 2009..
- [19] R. Nicolson and A. Fawcett. Dyslexia, dysgraphia, procedural learning and the cerebellum. *Cortex*, 47(1):117–127, 2011.
- [20] K. Patterson, J. Marshall, and M. Coltheart. *Surface dyslexia. Neuropsychological and cognitive studies of phonological reading*. Lawrence Erlbaum Associates, London, 1985.
- [21] J. Pedler. *Computer Correction of Real-word Spelling Errors in Dyslexic Text*. PhD thesis, Birkbeck College, London University, 2007.
- [22] M. Pérez, J. Alameda Bailén, and F. Cueto Vega. Frecuencia, longitud y vecindad ortográfica de las palabras de 3 a 16 letras del diccionario de la lengua española. *REMA: Revista Electrónica de Metodología Aplicada*, 8(2):1–10, 2003.
- [23] Real Academia Española. *Diccionario de la lengua española*. Espasa-Calpe, Madrid, 22 edition, 2001.
- [24] L. Rello, R. Baeza-Yates, H. Saggion, and J. Pedler. A first approach to the creation of a Spanish corpus of dyslexic texts. *LREC Workshop Natural Language Processing for Improving Textual Accessibility (NLP4ITA)*, Istanbul, Turkey, 2012.
- [25] L. Rello, C. Bayarri, and A. Gorriz. What is wrong with this word? *Dysegxia: a game for children with dyslexia (demo)*. *Proc. ASSETS '12*, Boulder, USA, 2012. ACM Press.
- [26] L. Rello, G. Kanvinde, and R. Baeza-Yates. Layout guidelines for web text and a web service to improve

²¹ <https://itunes.apple.com/us/app/dysegxia/id534986729?mt=8>

²² www.creix.com/Barcelona

²³ www.coddia.com

²⁴ <http://www.uditta.com/>

- accessibility for dyslexics. *Proc. W4A '12*, Lyon, France, 2012. ACM Press.
- [27] L. Rello and J. Llisterri. There are phonetic patterns in vowel substitution errors in texts written by persons with dyslexia. *21st Annual World Congress on Learning Disabilities (LDW 2012)*, Oviedo, Spain, 2012. Wednesday, January 9, 13
- [28] V. F. Santana, R. Oliveira, L. Almeida, and M. Ito. Firefixia: An accessibility web browser customization toolbar for people with dyslexia. In *Proc. W4A '13*, Rio de Janeiro, Brazil, 2013.
- [29] G. Schulte-Körne, W. Deimel, K. Müller, C. Gutenbrunner, and H. Remschmidt. Familial aggregation of spelling disability. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37(7):817–822, 1996.
- [30] P. Seymour, M. Aro, and J. Erskine. Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of psychology*, 94(2):143–174, 2003.