

Habilitación del Pre-Lenguaje y el Lenguaje con **COMUNICA**, una Herramienta libre basada en TICs

William R. Rodríguez, Oscar Saz, Carlos Vaquero y Eduardo Lleida
Grupo de Tecnologías de las Comunicaciones (GTC)
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
Universidad de Zaragoza, España
{wricardo,oskarsaz,cvaquero,lleida}@unizar.es

1. RESUMEN

Este trabajo presenta *COMUNICA*, un conjunto de herramientas libres de logopedia y enseñanza lingüística desarrolladas por el Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A) en colaboración con diversas entidades educativas de Zaragoza (España). El conjunto de aplicaciones desarrolladas se basa en Tecnologías del Habla, y proporcionan entrenamiento desde los niveles prelingüísticos a los niveles pragmáticos del lenguaje para favorecer el aprendizaje de una forma rápida, efectiva e incluso no supervisada para lengua Española, tanto en niños sanos como en aquellos que presentan alguna discapacidad oral. *COMUNICA* propone también un cauce de comunicación directo con la comunidad educativa a través de Internet que permite conocer su valoración de las herramientas, evaluarlas y evolucionarlas para cubrir las necesidades existentes.

2. INTRODUCCIÓN

Existen cada vez un mayor número de aplicaciones orientadas a la enseñanza que buscan aprovechar la potencialidad de interacción que presenta hoy en día la expansión y crecimiento de los ordenadores personales e Internet. En estos casos, se busca aprovechar la facilidad que las nuevas generaciones de alumnos presentan con estos elementos y utilizar su multimodalidad en la interacción para llevar a cabo un aprendizaje de un modo semisupervisado que apoye la labor del educador. Esta interactividad de la enseñanza ha encontrado un especial desarrollo en las aplicaciones de apoyo a la enseñanza del lenguaje, tanto en cuanto se permite el uso de la multimodalidad con imagen y sonido para la interacción; y las Tecnologías del Habla, que son la base de estas aplicaciones, permiten una enseñanza robusta y no supervisada. Los proyectos realizados en este sentido han sido variados y se han orientado a mejorar la capacidad articuladora de los alumnos [1], su capacidad de lectura oral y comprensión [2], o el aprendizaje de idiomas extranjeros [3] entre otros.

Este tipo de aplicaciones requieren de avances en las Tecnologías del Habla en que se basan, como procesado digital de la señal de voz, el Reconocimiento Automático del Habla [4] y verificación de pronunciaciones principalmente, para proveer de una realimentación efectiva y robusta al alumno sobre sus capacidades y necesidades en el proceso de aprendizaje. Actualmente ya se han desarrollado avances en este sentido que ponen estas tecnologías al alcance de la comunidad logopédica. Un gran inconveniente

es que en su mayoría estas herramientas son de pago y se encuentran disponibles generalmente para lengua inglesa.

Es por eso, que el Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A) ha puesto en marcha *COMUNICA* para utilizar el conocimiento adquirido en otras tareas de Tecnologías del Habla y aplicarlo al campo de la discapacidad, pudiendo llegar a cubrir el mayor número de áreas posibles e igualmente ofrecer estas herramientas de manera gratuita a usuarios tanto en España como en Latinoamérica.

El presente trabajo presenta las circunstancias que rodean la implantación de *COMUNICA* como plataforma para la distribución y el desarrollo de las aplicaciones logopédicas desarrolladas. En trabajos previos se pueden encontrar resultados científico-técnicos sobre las aplicaciones y algoritmos desarrollados [5,6,7,8].

La organización de este trabajo es la siguiente: En la Sección 3 se presentan las motivaciones y objetivos principales en *COMUNICA*. La Sección 4 proporciona una revisión de las herramientas desarrolladas en *COMUNICA*. Los medios de distribución y evaluación de las herramientas son presentados en las Secciones 5 y 6 respectivamente. Finalmente, las conclusiones de este trabajo así como las líneas futuras se tratan en la Sección 7.

3. OBJETIVOS Y REQUERIMIENTOS

El objetivo principal de *COMUNICA* es proveer un marco de desarrollo, evaluación y distribución estable de herramientas informáticas de ayuda a la logopedia. Para lograrlo, los requerimientos que se propusieron son los siguientes:

Desde el punto *científico-técnico*, se busca que las herramientas provean una mejora logopédica a través de su uso de forma fiable. Los sistemas de Tecnologías del Habla utilizados en ellas deben ser robustos y capaces de enfrentarse a cualquier característica personal en el trastorno del usuario. La evaluación de los sistemas debe ser llevada a cabo para garantizar esta situación.

Desde el punto de vista de *aplicación, interfaz e interacción*, se debe buscar facilitar en todo momento a los usuarios un manejo sencillo de las herramientas. La complejidad de las Tecnologías del Habla implementadas no debe verse en la superficie y tanto alumnos como educadores deben poder configurar y trabajar fácilmente con las herramientas. El trabajo con la herramienta debe poderse llevar a cabo de forma no supervisada para facilitar las sesiones de logopedia y alcanzar al mayor número de alumnos posible. Por otro lado, se ahonda en la necesidad de trabajar con sistemas de comunicación aumentada y alternativa que permitan la total accesibilidad por parte de los alumnos independientemente de sus capacidades físicas o psíquicas.

4. HERRRAMIENTAS DESARROLLADAS

En esta Sección se presentan las cuatro herramientas desarrolladas bajo *COMUNICA* orientadas a apoyar el aprendizaje lingüístico para cuatro grupos de usuarios distintos.

COMUNICA consta entonces de: *PreLingua* para aquellos niños que tienen problemas en el desarrollo de la etapa del pre-lenguaje y que generalmente tiene lugar en el primer año de vida, *Vocaliza* para alumnos con problemas en el nivel articulatorio, *VocalizaL2* para trabajar la precisión en la pronunciación, y *Cuéntame* que trabaja el nivel funcional

del lenguaje. Estas últimas tres herramientas apoyan el desarrollo del lenguaje, el cual tiene lugar entre el primer y quinto año de vida aproximadamente en niños sanos. La figura 1 muestra el marco de trabajo de *COMUNICA*.

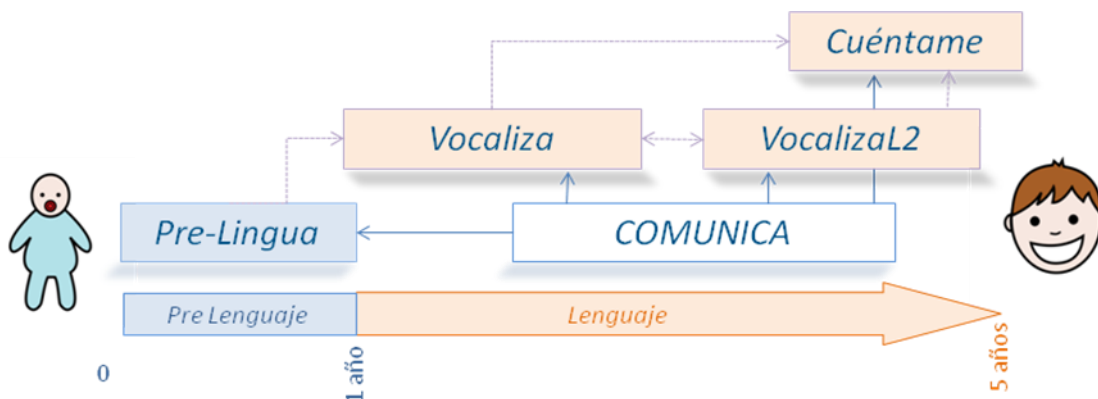


Figura 1 Proyecto COMUNICA

PreLingua es una herramienta orientada al trabajo de las características prelingüísticas por parte de alumnos en fase pre-oral [6]. Consiste en un conjunto de aplicaciones organizadas en cinco categorías a manera de pirámide como puede apreciarse en la Figura 2. La base de la pirámide consta de actividades para trabajar en la distinción entre voz y no voz, el segundo nivel consta de actividades para trabajar en el control de la intensidad de la voz, el tercer nivel ayuda a la modulación de la respiración, el cuarto trabaja en el control de la tonalidad, y la cima posee una actividad de vocalización que concatena las habilidades adquiridas en los niveles inferiores de la pirámide.



Figura 2 PreLingua

Todas las actividades presentan realimentación visual en tiempo real y buscan hacer consciente al alumno de las características básicas de la producción oral.

La Figura 3 muestra en su parte izquierda una actividad donde la modulación de la intensidad de voz permite a un dragón volar a través de un laberinto. La parte central muestra una actividad donde el control de la tonalidad hace que una mariposa (elipse) se acerque a los demás animales (rectángulos) del bosque para que tengan movimiento. En

la parte derecha, el control de la respiración permite simular la actividad de soplar una pipa para elevar una esfera.

La tecnología debajo de las aplicaciones se basa en procesamiento de la señal de voz como detectores de voz-silencio, estimadores de pitch basados en error de predicción de los Coeficientes de Predicción Lineal (LPC) y detección y análisis de formantes.



Figura 3 Juego de Intensidad de la voz (izq.), Tonalidad (cen.) y Respiración (der.)

Vocaliza se dirige al trabajo con alumnos con problemas en el nivel articulatorio del lenguaje [5] mediante el trabajo con la producción de palabras aisladas, frases simples, e introducción de la semántica mediante adivinanzas con respuesta en forma también de palabras aisladas.



Figura 4 Vocaliza

Las actividades con las que se trabaja esta capacidad articulatoria del alumno presentan una interacción basada en texto, imagen y audio como se puede ver en la Figura 4 para facilitar el trabajo del alumno. Cada actividad provee una forma audio-visual de realimentación al alumno sobre su capacidad oral para llevarla a cabo. La aplicación utiliza Reconocimiento Automático del Habla en cada una de las actividades para decidir cuál ha sido la realización oral del usuario y dar o no la actividad por superada. Por ejemplo, La figura 5 muestra en su parte izquierda una actividad donde debe pronunciarse la palabra *caramelo*. Para evaluar la capacidad articulatoria del usuario se utiliza un algoritmo de evaluación de pronunciaciones a nivel de palabra [5] que le indica la calidad de su pronunciación una vez que la actividad ha sido superada.



Figura 5 Juegos en Vocaliza (izq.) y VocalizaL2 (der.)

VocalizaL2 es una evolución de *Vocaliza* que proporciona una realimentación más precisa al usuario en su pronunciación. *Vocaliza* fue diseñado para proporcionar una evaluación de la pronunciación a nivel de palabra que fuese más fácil para los alumnos de educación especial a los que estaba inicialmente dirigido. *VocalizaL2* busca dar una evaluación a nivel fonético que permita al usuario conocer con precisión qué partes del conjunto de fonemas del español le presentan más dificultad. De esta forma, *VocalizaL2* se dirige también especialmente a usuarios interesados en el aprendizaje del español como segundo idioma. Desde el punto de vista tecnológico, la aplicación da la evaluación a nivel de fonema a través de una medida de confianza calculada en términos de verosimilitud entre la señal producida por el usuario [8] y una cadena de fonemas teóricos. Como resultado se muestra al usuario una escala en colores de los fonemas pronunciados, desde *regular* hasta *perfecto*. La figura 5 muestra en su parte derecha el resultado de pronunciar la palabra “alfombra” y la respectiva evaluación en colores dada por el sistema.

Cuéntame apunta al trabajo en niveles superiores del lenguaje. En este caso, se trabaja con alumnos con una articulación buena que, debido a trastornos del desarrollo presentan problemas en el uso del lenguaje como herramienta de comunicación. Este tipo de trastornos pueden suponer que el alumno no sea capaz de crear frases completas o sufra un bloqueo lingüístico a la hora de llevar una conversación o responder a preguntas concretas de sus padres o educadores.

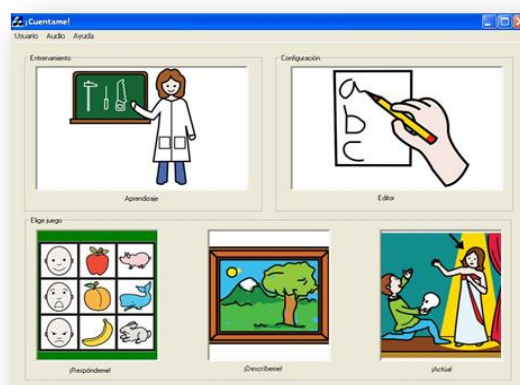


Figura 6 Cuéntame

La aplicación trabaja todos estos elementos con un interfaz audio-visual similar a *Vocaliza* (Figura 6) planteando tres actividades diferentes: *Respóndeme* donde se debe responder a preguntas, *Describeme* para hacer descripción de objetos o acciones y *Actúa* en donde se debe navegar por un escenario para la consecución de un objetivo dado como se muestra en la Figura 7. Esta herramienta prioriza la evaluación de la capacidad de generación del lenguaje del alumno sobre la capacidad articuladora, evaluando la complejidad de la frase utilizada por el alumno y su aproximación al modelo de lenguaje estimado por la propia aplicación.



Figura 7 Juego en Cuéntame

5. DISTRIBUCIÓN

La distribución es uno de los motores que se le ha querido dar a *COMUNICA*. Ninguna de las aplicaciones desarrolladas tendría sentido si no se buscara hacerlas llegar al mayor número posible de usuarios. En este caso, se utiliza la potencialidad que Internet ofrece para llegar al mayor número de personas.

La distribución a través de la página web <http://www.vocaliza.es> [9] es fácil y permite a usuarios, educadores y logopedas de España y Latinoamérica entrar en contacto con los desarrolladores. Entre los recursos que proporciona la página web está la posibilidad de realizar consultas sobre las aplicaciones, recibir boletines con las novedades que se van realizando, descargar de forma gratuita todas las aplicaciones y sus recursos y acceder a las publicaciones científico-técnicas generadas en *COMUNICA* entre otras. En la web, también se puede obtener una selección de pictogramas desarrollados por el Centro Aragonés de Tecnologías de la Educación (CATEDU) para su integración en *COMUNICA* y que también se encuentran disponibles en el portal Aragonés de la Comunicación Aumentativa y Alternativa (ARASAAC) [10].

6. EVALUACIÓN

La evaluación de los sistemas en *COMUNICA* se lleva a cabo trabajando en dos direcciones: Por un lado, evaluar la capacidad pedagógica de las herramientas y por otro lado, evaluar los algoritmos de Tecnologías del Habla utilizados en las herramientas y evolucionarlos.

Evaluación Pedagógica Para la evaluación de las herramientas, se ha trabajado con diversas instituciones educativas. En el desarrollo tanto de *PreLingua* como de *Vocaliza* y *Cuéntame* se ha trabajado conjuntamente con el Centro de Educación Especial (CPEE) Alborada [11]. Sus educadores han valorado positivamente el uso de la multimodalidad y la interacción oral como forma de motivar al alumnado de la escuela para el trabajo diario en logopedia. También valoran la facilidad que tienen las Tecnologías del Habla para proporcionar una realimentación fiable a los alumnos. El trabajo con estos profesionales ha permitido también valorar el uso de las herramientas desarrolladas para otras tareas, como es el caso de *PreLingua* para tareas de estimulación temprana. *VocalizaL2* ha contado con la evaluación realizada por personal y alumnado de las clases de Español del Vienna International School, donde jóvenes de diferentes nacionalidades llevan a cabo sus estudios de español. Una evaluación más completa de todas las aplicaciones se está llevando a cabo actualmente recogiendo la opinión de los usuarios de las herramientas a través de la web.

Evaluación Científica Para la evaluación de todos los algoritmos requeridos en las aplicaciones se ha adquirido un corpus que contiene 3.192 palabras aisladas de un vocabulario de 57 palabras provenientes de 14 jóvenes locutores con trastornos en el habla y el lenguaje [7]. Para la validación de los resultados obtenidos se ha obtenido también un corpus con 13.224 palabras aisladas de locutores sin discapacidad en el mismo rango de edad como referencia del habla infantil y juvenil; y se ha realizado una anotación manual de los errores en la pronunciación por parte de los locutores con alteraciones lingüísticas con el objetivo de conocer la afección exacta de cada locutor en su nivel articulatorio. Esta anotación ha demostrado que un 17,61% de los fonemas en el corpus han sido eliminados o sustituidos, afectando a un 47,71% de las palabras, dando cuenta de la gravedad del trastorno lingüístico de alguno de los locutores.

Con estos corpora se ha trabajado en varias líneas de trabajo: En términos de Reconocimiento Automático del Habla se ha estudiado el tema de la adaptación al locutor y modelado acústico probando cómo un sistema de Reconocimiento bien adaptado puede descartar con una exactitud del 88% las palabras con varios fonemas incorrectamente pronunciados [5]. La adaptación al locutor obtiene una reducción en tasa de error del 61% en la tarea de Reconocimiento, en un trabajo que no sólo aporta conocimiento sobre el funcionamiento de *Vocaliza*, *VocalizaL2* y *Cuéntame* sino que va en la dirección del desarrollo de sistemas de interacción oral con el entorno para discapacitados. La adaptación y modelado léxico también se ha trabajado para intentar introducir la información de cómo desvirtúan los locutores la pronunciación canónica de las palabras en el sistema de Reconocimiento. Por otra parte se continúa investigando en el modelado del tracto vocal en niños para poder optimizar la estimación de parámetros acústicos en ellos, independiente de su género y edad. Por último, se ha trabajado en la evaluación de medidas de confianza para verificación de pronunciaciones, obteniéndose resultados prometedores utilizando algoritmos basados en determinar cuál es la secuencia de fonemas pronunciados más probable y compararla con la pronunciación canónica de la palabra [8] obteniéndose un 18,6% en el Equal Error Rate (medida que evalúa la habilidad del sistema para evitar tanto falsos rechazos de fonemas correctos como falsas aceptaciones de fonemas incorrectos).

7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

En este artículo se ha presentado el marco de trabajo de *COMUNICA*, y los objetivos planteados en su creación. Se ha visto como el conjunto de herramientas desarrolladas abarcan todos los niveles en la adquisición del lenguaje (prelenguaje, articulación y pragmática) mediante el uso de Tecnologías del Habla. Por otro lado, se ha visto como utilizando canales directos de comunicación a través de Internet con los usuarios finales se puede realizar una evaluación y evolución de los sistemas más rápida y directa. También estos canales permite llegar de manera rápida y gratuita a todos aquellos hispano-hablantes interesados en utilizarlas, como también a aquellos interesados en aprender español como segunda lengua.

Como líneas de investigación futuras dentro de *COMUNICA* esta el desarrollo de nuevas herramientas como tutores de lectura, simuladores en tiempo real del tracto vocal, así como el constante estudio para la mejora de las ya existentes. La evaluación final de las aplicaciones mediante estudios y encuestas, así como el desarrollo de nuevos algoritmos para implementar dentro de las mismas es la otra gran línea de trabajo a llevar para conseguir los objetivos finales planteados en *COMUNICA*.

8. AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer la colaboración para este trabajo a los profesionales del Colegio Público de Educación Especial *Alborada*, al Colegio de Educación Infantil Primaria *Rio Ebro*, a Victoria Rodríguez del Vienna International School. De igual manera al Banco Santander y al proyecto TIN-2008-06856-C05-04 del Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

9. REFERENCIAS

[1] A. Hatzis, P. Green, J. Carmichael, S. Cunningham, R. Palmer, M. Parker, y P. O'Neill, "An integrated toolkit deploying speech technology for computer based speech training with application to dysarthric speakers," in Proceedings of the 8th European Conference on Speech Communication and Technology (Eurospeech-Interspeech), Geneva, Switzerland, September 2003, pp. 2213-2216.

[2] J. Duchateau, L. Cleuren, H. Van Hamme, y P. Ghesquiere, "Automatic assessment of children's reading level," in Proceedings of the 10th European Conference on Speech Communication and Technology (Eurospeech-Interspeech), Antwerp, Belgium, September 2007, pp. 1210-1213.

[3] F.-C. Chou, "Ya-Ya language box - A portable device for English pronunciation training with speech recognition technologies," in Proceedings of the 9th European Conference on Speech Communication and Technology (Eurospeech-Interspeech), Lisbon, Portugal, September 2005, pp. 169-172.

[4] M.-S. Hawley, P. Green, P. Enderby, S. Cunningham, y R.-K. Moore, "Speech technology for e-inclusion of people with physical disabilities and disordered speech," in Proceedings of the 9th European Conference on Speech Communication and Technology (Eurospeech-Interspeech), Lisbon, Portugal, September 2005, pp. 445-448.

- [5] C. Vaquero, O. Saz, E. Lleida, y W.-R. Rodríguez, “E-inclusion technologies for the speech handicapped,” in Proceedings of the 2008 International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), Las Vegas (NV), USA, April 2008, pp. 4509–4512.
- [6] W.-R. Rodríguez, C. Vaquero, O. Saz, y E. Lleida, “Speech technology applied to children with speech disorders,” in Proceedings of the 4th Kuala Lumpur International Conference on Biomedical Engineering, Kuala Lumpur, Malaysia, June 2008, pp. 247–250.
- [7] O. Saz, W.-R. Rodríguez, E. Lleida, y C. Vaquero, “A novel corpus of children’s impaired speech,” in Proceedings of the 2008 Workshop on Children, Computer and Interaction, Chania, Greece, October 2008.
- [8] S.-C. Yin, R. Rose, O. Saz, y E. Lleida, “Verifying pronunciation accuracy from dysarthric speech,” in Proceedings of the 10th International Conference on Spoken Language Processing (ICSLP-Interspeech), Brisbane, Australia, September 2008.
- [9] A. Escartín, O. Saz, C. Vaquero, W.-R. Rodríguez, y E. Lleida, “Comunica framework Web site,” 2008.
- [10] ARASAAC: Portal Aragonés de la Comunicación Aumentativa y Alternativa, <http://www.catedu.es/arasaac>
- [11] B. Martínez, P. Peguero, J. Ezpeleta, J. Falcó, E. Lleida, J. Mínguez, y O. Saz, “Universidad y educación especial: Desarrollo y resultados de la colaboración entre el Centro Politécnico Superior y el Centro de Educación Especial “Alborada”,” in Proceedings of the III Congreso Nacional sobre Universidad y Discapacidad, Zaragoza, Spain, November 2007.