

# Gaming for Learning: interfaces interactivas para asistir el aprendizaje y la cognición

Desde hace más de 16 años, un grupo interdisciplinario de investigadores del Centro de Computación y Comunicación para la Construcción del Conocimiento, C5, del Departamento de Ciencias de la Computación de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, realiza investigación, desarrollo e innovación en interfaces interactivas para asistir el aprender y conocer de niños y jóvenes. En particular, el grupo Gaming for Learning de C5 ha logrado consolidar su trabajo en interacción humano-computador a través de diferentes líneas de investigación y desarrollo entre las que destacan dos de ellas: (1) Interfaces Interactivas Basadas en Sonido para Aprender y Conocer, (2) Interfaces de Videojuegos para el Aprendizaje Móvil.

El diseño y desarrollo de interfaces interactivas basadas en sonido para estimular el aprendizaje y la cognición, está centrado en niños y jóvenes ciegos. Esta línea se desarrolla desde 1994 y es pionera en su tipo, la cual considera la implementación de

una investigación cualitativa y cuantitativa sobre el aprendizaje y la cognición de aprendices ciegos a través de la interacción y utilización de interfaces de sonido 3D y háptica, generalmente utilizando videojuegos y tareas cognitivas concretas. Este trabajo implica la formulación de modelos formales de ingeniería de software para personas con discapacidad visual, el diseño, desarrollo de interfaces basadas en sonido y la evaluación de su usabilidad, para finalmente determinar el impacto del uso de estas interfaces en el desarrollo cognitivo de estas personas. Los resultados cualitativos y cuantitativos de esta investigación revelan una contribución real del uso de interfaces basadas en sonido y háptica en conjunto con las tareas cognitivas para el aprendizaje en la cognición de niños ciegos. El sonido espacial puede ayudar a mejorar y ejercitar procesos del intelecto del niño y joven ciego, tales como, la memoria háptica, memoria de corto y largo plazo, la percepción háptica, las estructuras cognitivas tempo-espaciales,



**Jaime Sánchez**

*Profesor Titular, DCC, Universidad de Chile, Doctor en Informática y Educación, Columbia University, Nueva York; Director del Centro de Computación y Comunicación para la Construcción del Conocimiento, C5, DCC, Universidad de Chile. jsanchez@dcc.uchile.cl*

la movilidad, orientación y navegación, el aprendizaje de matemáticas y de ciencia, y la resolución de problemas. Un resultado interesante y crucial de esta investigación ha sido la transferencia de este aprendizaje virtual a situaciones de la vida real. Esto nos ha llevado a confirmar la hipótesis de que los entornos virtuales basados en sonido y háptica pueden ser usados para construir significado y cognición en los aprendices ciegos.

La segunda línea de investigación, Interfaces de Videojuegos para el Aprendizaje Móvil, está centrada en niños y jóvenes videntes, y consiste en el desarrollo de modelos e interfaces de videojuegos móviles para estimular el desarrollo de habilidades de resolución de problemas y pensamiento científico en estos usuarios. Junto a ello desarrollamos y aplicamos una diversidad de métodos de usabilidad, así como también investigación de impacto del uso de estas interfaces en una diversidad de procesos cognitivos.

En ambas líneas de trabajo, el usuario final es el actor principal en el diseño, desarrollo y evaluación de las interfaces, basados en modelos y concepciones de diseño centrado en el usuario (*user-centered design*). La idea embebida en los modelos de ingeniería de software empleados es crear prototipos incrementales que son validados por los usuarios finales, minimizando errores y resultados no deseados al final del proceso, culminando así con un software entendible y usable.

También se debe tener en cuenta que para diseñar interfaces para usuarios ciegos, no basta con cerrar los ojos y ponerse en el lugar del usuario, ya que la mayoría de los elementos de interfaces y las formas de interacción que conocemos para usuarios videntes no son viables para usuarios ciegos.

Esto ocurre porque el modelo mental es diferente en cada ser humano, pero existen semejanzas entre las personas con vivencias similares y de una misma cultura. En las personas con discapacidad visual la manera de dar forma y percibir el mundo es completamente diferente a aquella de los videntes, lo que genera un modelo mental diferente. Lo anterior es sin duda la complejidad más grande que enfrentan



**Grupo Gaming for Learning.**

estas personas en su interacción con las nuevas tecnologías, debido a que la mayoría de sus interfaces no están diseñadas o pensadas para personas ciegas. Ello también implica un desafío no trivial para el diseño de interfaces.

## EQUIPO HUMANO

El equipo humano del grupo Gaming for Learning es multidisciplinario y está compuesto por profesionales de las áreas de ingeniería civil en computación, educación, diseño gráfico y sociología.

El trabajo de ingenieros civiles en computación y estudiantes de pre y posgrado está centrado en el diseño y desarrollo de modelos formales de software, y diseño y desarrollo de las interfaces interactivas para dispositivos desktop y móviles (laptops, netbooks, pocketpcs, smartphones, iPhones) en distintos proyectos de investigación. Parte importante de la metodología de trabajo en la que participan los ingenieros es la evaluación de usabilidad de las interfaces de software en desarrollo.

Los educadores en general y educadoras especialistas en trastornos de la visión en particular, participan como apoyo en la generación de interfaces y el desarrollo de metodologías con respecto a su orientación, para fines de aprendizaje y cognición, y el diseño de instrumentos de evaluación de la usabilidad. Ellos también participan del diseño de las interfaces elaborando materiales didácticos de apoyo al trabajo con los niños y desarrollando la planificación, ejecución y evaluación del impacto cognitivo.

La construcción y aplicación de instrumentos de evaluación es realizada en conjunto con los sociólogos, quienes apoyan en el diseño y metodologías de investigación, en el análisis e interpretación de datos de las investigaciones, y en la generación de documentos y reportes. Junto con esto, los diseñadores gráficos participan en el diseño gráfico de las interfaces de software como apoyo al equipo de ingeniería, en base a los requerimientos y necesidades. En el caso de las interfaces para usuarios ciegos, realizan diseños gráficos ad-hoc para los usuarios con visión residual.

En los últimos años se han integrado neurocientistas al grupo Gaming for Learning, los cuales son especialistas en plasticidad cerebral del Medical School de la Universidad de Harvard. Su trabajo principal es estudiar científicamente los cambios y las adaptaciones que se producen en la corteza cerebral de los usuarios ciegos cuando estos interactúan con las diferentes interfaces basadas en audio y háptica, buscando establecer qué estructuras y cómo el cerebro logra adecuar y recablearse (*rewired*) para un mejor trabajo cognitivo compensando las áreas sensoriales disminuidas, basándose en modelos y teorías de plasticidad cerebral. Asimismo, se estudia cómo estos cambios a nivel de cerebro son activados por la interacción con interfaces de videojuegos y cómo pueden explicar la transferencia del aprendizaje virtual a situaciones de la vida real y sus implicaciones para fines de rehabilitación.



Usuarios jugando e interactuando con las interfaces de AudioDoom.

## BACKGROUND

Desde los comienzos de esta investigación hasta la actualidad, una variedad de interfaces de software basadas en sonido y háptica han sido creadas con la finalidad de impactar el desarrollo de diferentes habilidades cognitivas. Éstas han sido evaluadas por los usuarios finales, ciegos y videntes, por medio de la aplicación iterativa de instrumentos de usabilidad para que el producto final posea una interfaz funcional, adaptada al modelo mental del usuario final y usable.

El primer software desarrollado en 1995 utilizó laberintos, personajes y objetos basados en sonido para que los niños ciegos pudieran desarrollar su memoria auditiva y habilidades espacio-temporales. Basado en el videojuego Doom de iD Software, se diseñó y desarrolló AudioDoom [1], con interfaces basadas en audio estéreo. Éste consiste en un laberinto con un pasillo principal y dos pasillos secundarios, el usuario sólo puede avanzar por laberintos encasillados. La inmersión en el ambiente se produce por medio de la ubicación izquierda, centro y derecha de los objetos y personajes dentro del laberinto. Las habilidades cognitivas estudiadas con el uso de este software fueron movilidad y orientación, estructuras espacio-temporales y navegación compleja.

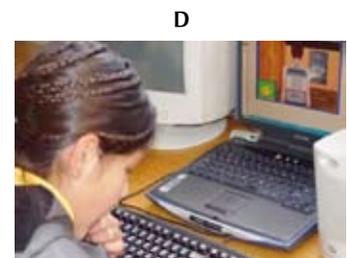
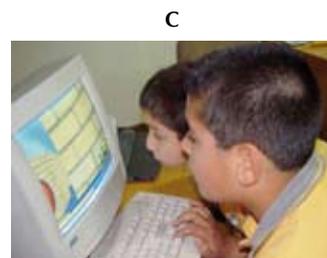
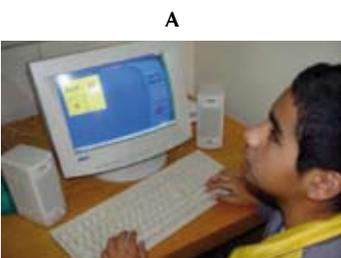
En virtud del carácter pionero e innovador de este estudio que utilizó interfaces sin pistas visuales con un extenso trabajo de usabilidad y el impacto de sus resultados, fue galardonado con los premios Stockholm Challenge Award, Suecia 2000 y Global Junior Challenge, Italia 2000.

A partir de AudioDoom como prueba de concepto y los auspiciosos resultados obtenidos, la investigación sobre interfaces basadas en sonido para el desarrollo de habilidades cognitivas fue incrementada y diversificada con variados desarrollos de ideas más complejas y extensas. El proyecto Fondecyt sobre “entornos Interactivos basados en Sonido para Aprender, TISA” (2003-2006), buscó la implementación de variadas interfaces de entornos virtuales basados en audio (estéreo, espacializado y texto) para promover el aprendizaje y el desarrollo de estructuras cognitivas. Como base para el desarrollo de aplicaciones para usuarios ciegos se plantearon dos modelos, uno de arquitectura de software y otro de desarrollo para tener una consistencia de todas las aplicaciones a desarrollar [3]. Bajo este proyecto trabajamos el aprendizaje de contenidos matemáticos con los videojuegos AudioMath, y La Granja de Theo y Seth[5]. Estos videojuegos están basados en audio estéreo y en ellos el niño aprende y practica

conocimientos de matemática básica (suma, resta, números ordinales, recta numérica). En la explicación de los conceptos básicos de formación de números se utilizan sonidos lúdicos en conjunto con verbales. Cuando el niño está en una etapa de operatoria, el sonido es principalmente verbal, ocupando el sonido lúdico como apoyo a la navegación y a la motivación por el software.

Otros procesos cognitivos estudiados fueron la resolución de problemas y las habilidades de movilidad y orientación. AudioLink [9] es un juego basado en sonido que refuerza el aprendizaje de conceptos de ciencia en un ambiente lúdico para niños ciegos, en el que interactúan con personajes y objetos con la finalidad de cumplir una misión central. Otros videojuegos basados en audio para el desarrollo de habilidades de resolución de problemas y movilidad y orientación son AudioChile y AudioVida [11].

En el marco del proyecto Fondecyt “Mundos Virtuales para la Inclusión Social, MUVIS” (2006-2008), implementamos y evaluamos la usabilidad de mundos virtuales que representan la navegación por espacios reales y que ayudan a niños y jóvenes ciegos a interactuar con su entorno real, favoreciendo así su inclusión social. El fin último del proyecto consistió en estimular el desarrollo de habilidades de resolución de problemas de la vida diaria en niños con discapacidad visual, por medio del uso de interfaces sin pistas visuales basadas en audio para que puedan resolver problemas reales en contextos reales, desarrollando habilidades tales como: colaboración, navegación, movilidad y orientación. Se elaboró un modelo de desarrollo de aplicaciones de interfaces móviles por medio de una descripción teórica/abstracta del mismo: el paradigma de especificación, la funcionalidad, la documentación



Usuarios ciegos interactuando con (A) AudioMath, (B) La Granja de Theo y Seth, (C) AudioVida y (D) AudioChile.

conceptual, y la arquitectura estructural de los componentes, sus restricciones y extensiones [13]. Aplicaciones de interfaces móviles como mBN [4], ambientGPS [7], AudioTransantiago [4], EMO [8] y PYOM [2] fueron generadas para el apoyo y asistencia in situ de jóvenes ciegos en su navegación por el metro, el barrio, la locomoción colectiva, y en edificios como su escuela, respectivamente.

El proyecto “Inclusión Digital para Aprender Ciencias, IDAC” [12], con financiamiento del Ministerio de Educación, consistió en diseñar e implementar un videojuego de rol educativo y colaborativo, para ser utilizado en computadores personales. Con este videojuego se pretendió integrar a usuarios videntes con usuarios ciegos en situaciones de aprendizaje, poner en práctica sus conocimientos en ciencias y desarrollar habilidades de resolución de problemas.

Por otra parte, durante los años 2007 y 2008 se desarrolló el proyecto “Aprendizaje de la Biología con Tecnología Móvil, ABTm” [14] (financiado inicialmente por Microsoft y luego por el Ministerio de Educación), cuyo objetivo fue desarrollar videojuegos en dispositivos móviles para el desarrollo de habilidades de resolución de problemas en ciencias con aprendices de octavo año básico. Estos videojuegos móviles aprovechan el contexto para generar espacios de aprendizaje fuera de la sala de clases, como un zoológico o un museo. La metodología consistió en actividades preparatorias con el profesor, diseño de actividades de trabajo en el aula, actividades en terreno con videojuegos de trivia para pocketPC y una actividad central con un videojuego móvil de estrategia (“Evolución”), también para pocketPC y classmate. Ambos videojuegos aprovechan las cualidades touch de la interfaz de la pocketPC, en la que el alumno



**Usuarios ciegos interactuando con las interfaces móviles desarrolladas.**

utiliza el stylus para interactuar y avanzar en las diferentes etapas. El videojuego presenta una interfaz atractiva, lúdica e intuitiva, siendo un elemento clave para la experiencia del juego, ya que es de vital importancia retener la atención del usuario. Para esto se reutilizaron conceptos gráficos y de interacción de este tipo de juego, favoreciendo la comprensión de la interfaz.

## ACTUALIDAD

En la actualidad se está ejecutando el proyecto Fondecyt “Juegos basados en Audio y Háptica para la Movilidad y Orientación, JAHMO” (2009-2011). En el primer año de proyecto elaboramos un modelo de ingeniería de software para el desarrollo de aplicaciones móviles basadas en videojuegos, de manera de mejorar habilidades de movilidad y orientación en

usuarios ciegos [6]. Bajo este modelo, se han construido dos videojuegos sin pistas visuales basados en tecnología de audio y háptica para estimular el desarrollo de habilidades de movilidad y orientación en los niños ciegos. En la actualidad se están realizando evaluaciones cognitivas para conocer la efectividad e impacto del uso de estas interfaces de videojuegos en el desarrollo de las habilidades cognitivas estudiadas.

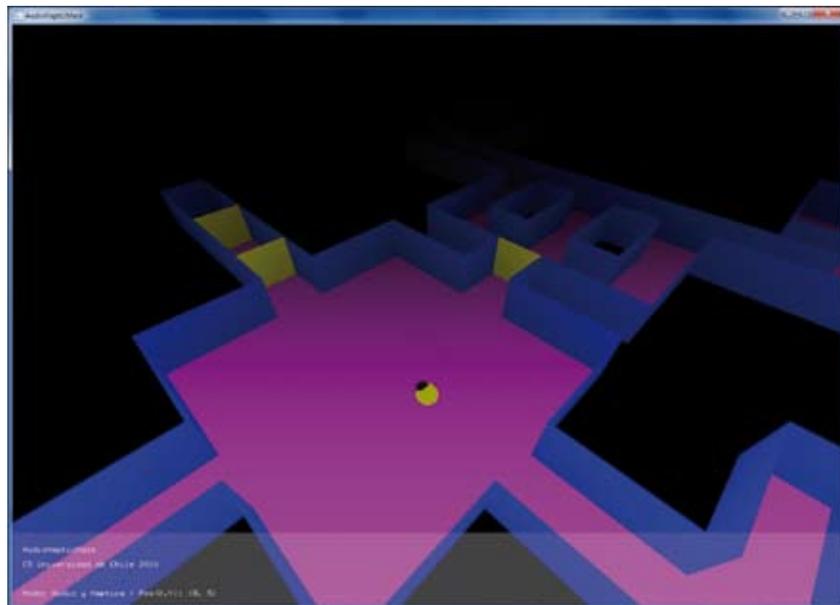
Al mismo tiempo, en conjunto con investigadores de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso estamos desarrollando el proyecto “Navegación para Aprendices Ciegos a través de Videojuegos, NACVI”, con el propósito de evaluar e investigar el impacto del uso de videojuegos basados en audio, en el desarrollo y uso de habilidades de Movilidad y Orientación en situaciones de espacios cerrados desconocidos en niños en edad escolar.



**Usuarios jugando en el BuinZoo y en clases con “Evolución”.**

En la actualidad desarrollamos el proyecto Fondef TIC-EDU “Videojuegos para el Desarrollo de Habilidades en Ciencia a través de Celulares, ViDHaC2”. Este proyecto busca abordar los problemas de los bajos resultados en el aprendizaje de la ciencia entre los alumnos y las debilidades en didáctica entre los profesores de ciencia. El profesor utiliza una interfaz Web para diseñar y desarrollar un videojuego tipo Role Playing Game (RPG) que luego es descargado y jugado por sus alumnos en el celular. En el videojuego los alumnos interactúan por medio de un personaje en un mundo virtual realizando tareas, respondiendo preguntas e interactuando con otros personajes para finalmente avanzar y ganar el juego. De esta forma, se busca aprovechar las oportunidades que ofrece la masividad de los teléfonos celulares, que permite una relación alumno/dispositivo cercana al 1:1, la posibilidad de disminución de brecha digital y el aprovechamiento de la movilidad propia de estos dispositivos. El conjunto de estos elementos contribuirá a un cambio metodológico profundo en el aprendizaje de la ciencia, más cercano a los estilos de aprendizaje de la actual generación de aprendices. Además, el proyecto contribuye al fortalecimiento de la capacidad tecnológica del país desarrollando el mobile learning o mLearning y con potencial de escalamiento.

Finalmente, y en colaboración con los Profesores Álvaro Pascual-Leone y Lotfi Merabet del Departamento de Neurología y Oftalmología del Harvard Medical School, se está ejecutando el proyecto “Audio-Based Navigation in the Blind” que es financiado por el National Institute of Health (NIH), por un plazo de cinco años a contar de 2009. El trabajo en conjunto tiene por finalidad diseñar y desarrollar interfaces de videojuegos basadas en sonido para estimular habilidades de navegación complejas (movilidad y orientación), para luego estudiar su impacto en la plasticidad cerebral del joven ciego y los cambios adaptativos de las diferentes áreas de la corteza cerebral, cuando el usuario juega e interactúa con el videojuego, todo esto determinado mediante la utilización de imagen por resonancia magnética funcional (fMRI). <sup>BITS</sup>



Captura de pantalla de AudioHapticMaze, videojuego desarrollado en el proyecto JAHMO.

## REFERENCIAS

- [1] Lumbreras, M. & Sánchez, J. (1999). Interactive 3D sound hyperstories for blind children. Proceedings of the ACM-CHI '99, Pittsburgh, USA, pp. 318-325.
- [2] Sáenz, M., Sánchez, J. (2010). Indoor Orientation and Mobility for Learners Who are Blind. In Brenda K. Wiederhold, Giuseppe Riva, Sun I. Kim (Editors), Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine 2010, Imaging the Future, Chapter 32, summer 2010. San Diego, CA: Interactive Media Institute, Volume 8, pp. 131-134.
- [3] Baloian, N., Luther, W. & Sánchez, J. (2002). Modeling educational software for people with disabilities: Theory and Practice. Proceedings of the Fifth International ACM SIGCAPH Conference on Assistive Technologies, ASSETS 2002, pp. 111-118, Edinburg, July 8-10, 2002.
- [4] Sánchez, J. (2007). Sound & learning in blind children: A case of a real contribution of ICT to learning. Proceedings of the CAL'07 conference, 'Development, Disruption and Debate'. Ireland, 26- 28 March, 2007, pp. 070.
- [5] Sánchez, J. (2008). User-Centered Technologies for Blind Children. Human Technology Journal, 45(2), November 2008, pp. 96-122.
- [6] Sánchez, J. (2010). A Model to Develop Videogames for Orientation and Mobility. 12th International Conference on Computers Helping People with Special Needs, ICCHP 2010, Vienna, Austria, July 12-13, 2010.
- [7] Sánchez, J., De la Torre, N. (2010). Autonomous Navigation through the City for the Blind. 12th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, ASSETS 2010, Orlando, Florida, USA, October 25 - 27, 2010, pp. 195-202.
- [8] Sánchez, J., Elías, M. (2007). Guidelines for Designing Mobility and Orientation Software for Blind Children. In C. Baranauskas et al. (Ed.): INTERACT 2007, Lecture Notes in Computer Science LNCS 4662, Part I, pp. 375-388, 2007. © IFIP International Federation for Information Processing.
- [9] Sánchez, J., Elías, M. (2007). Science Learning by Blind Children through Audio-Based Interactive Software. Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine: Transforming Healthcare through Technology, Volume 5, pp. 184-190.
- [10] Sánchez, J., Mendoza, C., Salinas, A. (2009) Mobile serious games for collaborative problem solving. Annual International CyberTherapy and CyberPsychology Conference 2009. Lago Maggiore, Verbania\_Intra, Italy, 21-23 June 2009.
- [11] Sánchez, J., Sáenz, M. (2006). 3D sound interactive environments for blind children problem solving skills. Behaviour & Information Technology, Vol. 25, No. 4, July – August 2006, pp. 367 – 378.
- [12] Sánchez, J., Sáenz, M. (2009). Video Gaming for Blind Learners School Integration in Science Classes. In T. Gross et al. (Eds.): INTERACT 2009, Part I, LNCS 5726, pp. 36–49, 2009. © IFIP International Federation for Information Processing 2009.
- [13] Sánchez, J., Sáenz, M., Baloian, N. (2007). Mobile Application Model for the Blind. In C. Stephanidis (Ed.): Universal Access in HCI, Part I, HCII 2007, LNCS 4554, pp. 527–536, 2007. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007.
- [14] Sánchez, J., Salinas, A., & Sáenz, M. (2007). Mobile Game-Based Methodology for Science Learning. In J. Jacko (Ed.): Human-Computer Interaction, Part IV, HCII 2007, LNCS 4553, pp. 322–331, 2007.