



XVI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Investigadores de la Comunicación (ALAIC)

La Comunicación como Bien Público Global:

Nuevos lenguajes críticos y debates hacia el porvenir

Buenos Aires, Argentina, 26 al 30 de septiembre de 2022

Organizan

- ❖ Asociación Latinoamericana de Investigadores de la Comunicación (ALAIC).
- ❖ Federación Argentina de Carreras de Comunicación Social (FADECCOS).

Ponencia presentada al GT 10: Comunicación, Tecnología y Desarrollo

Diseño participativo de interacción tangible con fines educativos

Participatory Design of tangible interaction with educational means

Fernando González Perilli ¹

Ewelina Bakala²

Maria Pascale³

Mariana Da Luz Werner⁴

Camila Hergatacorzian⁵

Ana Cristina Pires⁶

¹ Fernando González Perilli, Facultad de Información y Comunicación, Universidad de la República, Doctor, Uruguay, fernando.gonzalez@fic.edu.uy.

² Ewelina Bakala, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Magister, Uruguay, ebakala@fing.edu.uy.

³ Maria Pascale, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Magister, Uruguay, maria9pascale@gmail.com

⁴ Mariana Da Luz Werner, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Licenciada, Uruguay, m.daluzwerner@gmail.com

⁵ Camila Hergatacorzian, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Licenciada, Uruguay, cam.hergata@gmail.com

⁶ Ana Cristina Pires, Universidade de Lisboa, Doctora, acdpires@fc.ul.pt



Resumen

Desde 2015 el proyecto CETA desarrolla actividades interdisciplinarias de investigación vinculadas al diseño de interacción, con un fuerte énfasis en la apropiación de la tecnología por parte de la comunidad. En el marco de diversos proyectos financiados se han creado los dispositivos de interacción tangible CETA e i-CETA (diseñado para niños con discapacidad visual). De estos desarrollos ha participado un nutrido equipo de investigadores/as con formaciones bien distintas y complementarias, incluyendo, educadores/as, comunicadores/as, informáticos/as, psicólogos/as, diseñadores/as, ilustradores/as y músicos. Actualmente nos encontramos llevando adelante un proyecto en el paradigma del diseño participativo por el cual maestras, niños y expertos participan del proceso de diseño a través de entrevistas, talleres y otras actividades de investigación. La perspectiva analítica ganada a través de este enfoque nos ha permitido reflexionar acerca de cómo poner el diseño de interacción al servicio de las necesidades del aula, cómo rescatar los métodos de enseñanza tradicionales empleados por las que las maestras y cuales son los principales obstáculos para la apropiación de la tecnología por parte de las educadoras. Finalmente también reflexionamos acerca de la situación de los investigadores latinoamericanos de nuestro campo considerando el particular contexto en el que nos encontramos.

Palabras Clave: Tecnología Educativa, Apropiación de la Tecnología, Diseño Participativo.



Abstract

Since 2015, the CETA project has been developing interdisciplinary research activities linked to interaction design, with a strong emphasis on the appropriation of technology by the community. Within the framework of various funded projects, the tangible interaction devices CETA and iCETA (designed for children with visual impairment) have been created. A large team of researchers with very different and complementary backgrounds has participated in these developments, including educators, communicators, computer scientists, psychologists, designers, illustrators and musicians. We are currently carrying out a project in the participatory design paradigm by which teachers, children and experts participate in the design process through interviews, workshops and other research activities. The analytical perspective gained through this approach has allowed us to reflect on how to put interaction design at the service of the needs of the classroom, how to rescue the traditional teaching methods used by teachers and what are the main obstacles to appropriation of technology by educators. Finally, we also reflect on the situation of Latin American researchers in our field considering the particular context in which we find ourselves.

Key words: Educational Technology, Technology Appropriation, Participatory Design.

Introducción

CETA es un proyecto interdisciplinario dedicado al desarrollo de aplicaciones educativas en el paradigma de la interacción tangible. Desde el comienzo el proyecto tuvo como objetivo adaptar dispositivos entregados en los primeros años de escuela en el sistema educativo público de Uruguay a través del Plan Ceibal (CETA proviene de CEibal TAngible). Se trataba de promover el uso de tecnología educativa más allá de la pantalla, aspirando a una llegada universal, a partir de trabajar con accesorios de bajo coste y código informático abierto.

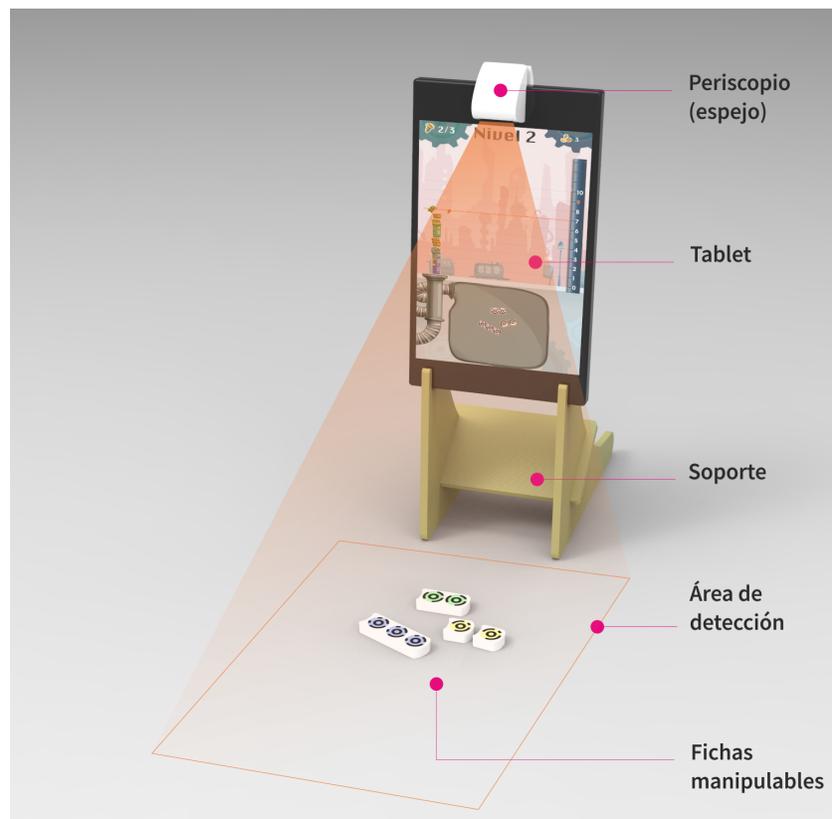


Figura 1. El dispositivo CETA. En la imagen se puede observar la tablet en posición vertical con el espejo adosado a la cámara frontal permitiendo captar las imágenes presentadas en el “área de detección” al pie del dispositivo. En esta área las piezas manipulables son detectadas gracias a los marcadores impresos en su superficie.



En este artículo repasamos algunos hitos de la historia de CETA y en particular el actual proyecto, que siguiendo métodos de diseño participativo pone su foco en la creación junto con la comunidad y la apropiación de la tecnología por parte de los usuarios.

Antecedentes.

Plan Ceibal (desde 2022 llamado Ceibal a secas) es un programa desarrollado desde el estado uruguayo con el objetivo de dotar de una computadora a todos los/as niños/as de las escuelas públicas de Uruguay. (CEIBAL es además acrónimo de Conectividad Educativa de Informática Básica para el Aprendizaje en Línea).

Ceibal fue lanzado a nivel nacional en 2007 y fue implementado a partir del programa “una computadora por niño” (*one laptop per child*, OLPC) creado por el académico del Instituto de Tecnología de Massachusetts, Nicholas Negroponte y promovido desde la fundación OLPC.

El objetivo del programa fue dotar de una herramienta informática de apoyo a las actividades educativas pero también contribuir a mitigar la brecha de acceso a los dispositivos informáticos (y a internet) que por entonces reflejaba las inequidades socioeconómicas habituales en el país. Un objetivo que fue cumplido (Lamstchein & Rivoir, 2014; Winocur & Villela, 2016).

A nivel político, la implementación del programa tuvo características que marcarían la relación entre Plan y distintos actores del ámbito educativo nacional. Nos referimos a que el proyecto fue enteramente desarrollado desde la Presidencia de la República sin una participación protagónica del Ministerio de Educación. A la larga esto ha traído consecuencias en la apropiación del Plan por parte de docentes, directoras de escuela y otros decisores. Por mucho tiempo las acciones promovidas desde Plan Ceibal han sido percibidas como accesorias a los planes de trabajo de los docentes lo que ha limitado la explotación de las herramientas brindadas, algo que comentaremos más adelante, por su relevancia en la cuestión de la ‘apropiación’.



En cualquier caso, el desarrollo del Plan puso al país en una situación muy particular en relación a la disponibilidad de tecnología en las aulas escolares, lo que atrajo el interés de investigadores de diversas disciplinas del país y del extranjero.

En este contexto, en 2014 surge CETA, como un proyecto orientado a adaptar las tablets que habían comenzado a distribuirse en primer y segundo año de escuela. Su antecedente directo fue *Periscopio* (Bonilla, Marichal, Armagno & Lorenzo, 2010), un proyecto desarrollado en 2010 desde la Universidad de la República en el que se desarrolla un sistema de interacción tangible para las XO empleando un sistema de visión por computadora. A partir de esta propuesta las XO se podían hacer accesibles a usuarios con discapacidad motriz e intelectual.

Al mismo tiempo, a nivel comercial, apareció el dispositivo OSMO (2014), desarrollado para iPads de Apple, un dispositivo de interacción tangible para tablets que venía acompañado de aplicaciones educativas para la estimulación de matemáticas, lengua y geometría. Este ejemplo inspiraba la posibilidad de generar una adaptación similar que fuera de bajo coste, que funcionara en sistema operativo Android (empleado en las tablets de Ceibal) y que estuviera inspirado en teoría cognitiva.

La propuesta de CETA tuvo entonces esa inspiración. La demanda técnica requerida convocaba la intervención de informáticos para el desarrollo del sistema de detección y la creación de un videojuego, psicólogos cognitivos para los fundamentos teóricos y diseñadores para la creación de los elementos físicos (manipulables) y gráficos de la propuesta. Es importante destacar que la propuesta implicaba un interesante diálogo con maestras y pedagogos en la medida en que se conectaba con prácticas educativas tradicionales en el ámbito nacional, como lo es el empleo de material concreto para el aprendizaje.

Despegue de CETA

En 2017 CETA obtiene financiación en el marco de la convocatoria conjunta de la Fundación Ceibal y la Agencia de Investigación e Innovación de Uruguay: Fondo Sectorial de Educación Digital. El propósito de este primer proyecto financiado era doble, por un lado, diseñar el aparato que permitía adaptar las tablets a un sistema de interacción tangible (ver Figura 1), y por otra parte, dar lugar a una aplicación informática en forma

de videojuego que estimulara la adquisición del concepto de número en el primer año de escuela.

La racionalidad de la propuesta descansaba en la posibilidad de emplear material concreto para apoyar la adquisición del concepto de número y estimular el aprendizaje de aritmética básica (sumas y restas), en un entorno informatizado, que habilitara la autonomía del usuario, y permitiera el registro de actividades. Es importante destacar que el material concreto ha sido históricamente empleado para enseñar estos contenidos en la escuela. En particular las *regletas cuisenaire* son materiales típicamente empleados por los educadores para enseñar numerosidad. Nos referimos a bloques de madera manipulables que representan números. Explotando la relación entre tamaño y magnitud, la pieza de valor 1 es un cubo pequeño, la de valor 2 es del doble de largo que la de 1, la de 3 es tres veces más grande y así.



Figura 2. Niño contando tapas de botella para resolver operaciones aritméticas.



Esta forma de representación física habilita una rápida comparación de magnitudes, permite el agrupamiento, el conteo y también la composición y descomposición de números, todas actividades que están detrás del aprendizaje de la numerosidad. Para los niños que comienzan la escuela este tipo de representación resulta intuitiva y entretenida. Pero además significan un apoyo fundamental para la adquisición de conceptos abstractos como son los matemáticos. Hay que tomar en cuenta que los niños al iniciar la escuela suelen apoyarse en el conteo de sus dedos al sumar y restar y más tarde se apoyan en lápices o cualquier elemento que puedan contar (Sarama & Clements, 2009).

Así planteada, la propuesta atendía distintos intereses académicos, además de orientarse a la creación de una solución innovadora de aplicación concreta. Por una parte se basaba en teoría del desarrollo cognitivo y en particular de cognición numérica, e incluía componentes de cognición corpórea al hacer énfasis en la manipulación de objetos. Por otro lado se desarrollaba un sistema de interacción basado en visión por computadora, de bajo coste, de especial interés para el equipo informático. El diseño del aparato convocaba a los diseñadores, a la sazón, expertos en ergonomía cognitiva. Pero además, la metodología de diseño, centrada en el usuario, permitía la investigación-acción en el marco del desarrollo, incluyendo diversas pruebas de experiencia de usuario, también de interés para el equipo de diseñadores.

CETA como artefacto cognitivo

El desarrollo de CETA no implicó únicamente la creación de un aparato, sino el diseño de una actividad de interacción mediada por tecnología. Desde la perspectiva cognitiva esto requiere la creación de un modelo conceptual en el que un conjunto de objetos sobre los que se quiere trabajar es representado de forma clara y accesible (Norman, 2013). Por ejemplo, en la clásica pantalla de “escritorio” de una PC el icono que muestra una pequeña hoja de papel representa a un documento de texto, en tanto llevarlo a la papelera, significa la acción de descartarlo. La acción y su resultado son fáciles de aprender.

En el caso de la interacción tangible, los objetos tienen dos espacios de representación posibles: la pantalla y los manipulables detectables por el sistema. En el caso de nuestro videojuego BrUno los números están representados por bloques de plástico en el espacio físico y por acciones del personaje en la pantalla. A su vez las acciones en pantalla

permiten expresar relaciones que en el mundo físico no son posibles de mostrar. Por ejemplo, al unir dos piezas (físicas) de valor 1 para generar el número 2 es posible expresar en pantalla una fusión, potenciada por gráficos divertidos. De este modo la relación entre los números, un elemento clave del conocimiento numérico, puede hacerse explícita a través de una representación visual digital. Por su parte la manipulación física aporta otras ventajas a nivel de la demanda cognitiva, es decir la memoria de trabajo es liberada en la medida que los objetos con los que se opera están disponibles a la visión y al tacto (Antle & Wise, 2013).

Por su parte las acciones funcionan como metáforas de las relaciones conceptuales: agrupar objetos es metáfora de la suma. Además las acciones realizadas por el usuario no solo se producen con la finalidad de resolver los desafíos propuestos por el juego. También existen acciones epistémicas (Manches & O'Malley, 2012) en las que el jugador modifica la disposición de los manipulables para comprender mejor el desafío que enfrenta, lo cual encierra un importante valor didáctico.

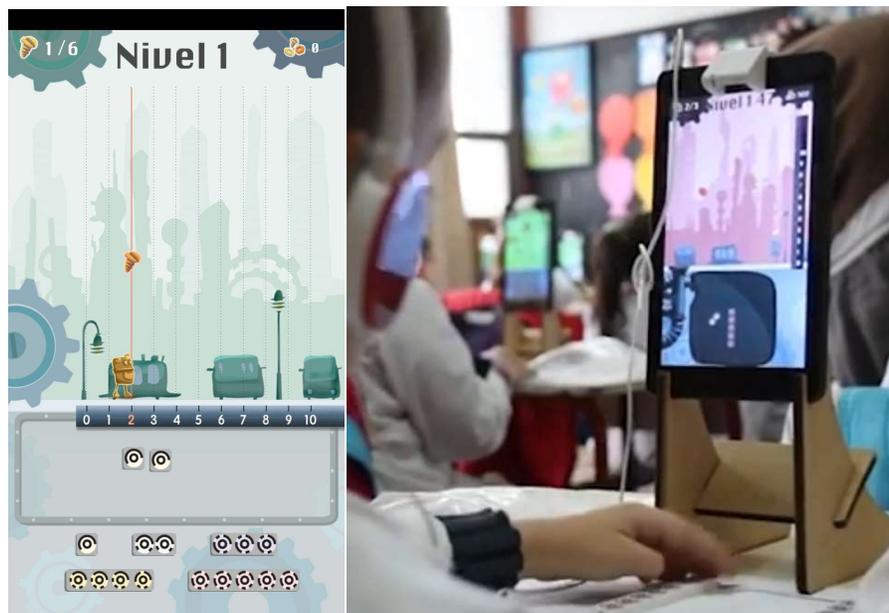


Figura 3. Panel derecho: Representación en pantalla de BrUno. Abajo, la representación de las piezas de valores del 1 al 5. Más arriba, dos piezas en el área de detección, que suman el valor 2. En la parte de arriba, el personaje (el robot BrUno) da dos pasos como respuesta a las piezas colocadas, y alcanza el tornillo que cae desde arriba. Panel izquierdo: niño juega al video juego BrUno interactuando con manipulables.

CETA como artefacto sociotécnico.

Además de un artefacto tecnológico y cognitivo, CETA también puede ser comprendido como un artefacto sociotécnico (Upadhyaya, & Mallik, 2013), es decir, como parte de un sistema mayor que involucra instituciones, recursos materiales y comunidades de personas con distintos roles. Como propuesta educativa pretende ser una herramienta que asista en el aprendizaje de un objetivo pedagógico principal en el primer año de la escuela, a partir de la utilización de dispositivos distribuidos por Ceibal en las escuelas públicas uruguayas, proponiendo una metodología inspirada en teoría cognitiva y empleando estrategias tradicionales en el ámbito local (material concreto). En este sentido, CETA también se puede concebir como un nodo técnico-político, en el que confluyen recursos, hábitos y competencias. Desde esta perspectiva, para que la propuesta sea eficaz no alcanza con que esté técnicamente bien resuelta y sea teóricamente informada. Todos los componentes relevantes del sistema en el que este se inserta deben ser tenidos en cuenta. De hecho, la experiencia del proyecto CETA en los últimos cinco años está marcada por el reconocimiento de la necesidad de acceder a una perspectiva integral a la hora de proponer un recurso tecnológico al sistema educativo.



Figura 4. Evaluación de CETA en el aula



El problema de la apropiación de CETA

Desde el punto de vista académico los resultados de los primeros proyectos de CETA fueron inmejorables. Los productos fueron presentados en distintos congresos internacionales, incluso recibiendo distinciones (Marichal et. al, 2017). Por su parte, la investigación piloto acerca de la eficacia del dispositivo en términos de aprendizaje de matemática básica dio lugar a resultados auspiciosos (Pires et al. 2019). A nivel de diseño se obtuvo un producto robusto y de bajo coste, cuyo proceso de diseño fue documentado en una tesis de grado. Sin embargo, algo que quedó pendiente desde ese primer proyecto, y persistió con el pasó de tiempo, tuvo que ver con la apropiación de la herramienta de parte de los usuarios, las maestras, los niños, Ceibal y el sistema educativo en general.

La incorporación de la propuesta en las aulas no pudo ser asegurada desde nuestro equipo. Esto dependía de las propias estructuras de Ceibal que si bien estaban vinculadas a las instituciones que financiaron el proyecto no trabajaban con la coordinación necesaria (o quizás no contaban con los recursos humanos suficientes) para realizar una correcta evaluación de las posibilidades del recurso que habían financiado.

Por su parte, el hecho de que no hubiese habido una implementación efectiva en las aulas impidió a CETA de una última iteración fundamental. La prueba de fuego del dispositivo entrando en contacto con las dinámicas de aula, en contextos heterogéneos y en interacción con educadores con distintas preferencias didácticas y diferentes niveles de apropiación de la tecnología.

A pesar de esto, el equipo de CETA prosiguió llevando adelante mejoras técnicas a la propuesta (gráficas, en diseño de sonido), realizando pruebas de usuario e investigaciones teóricas en los años posteriores. También se desarrolló un proyecto orientado a crear un dispositivo para usuarios con discapacidad visual, lo que dio lugar al dispositivo I-CETA y el audio juego Logarín (Pires et al., 2019, Octubre).

Sin embargo la cuestión de las posibilidades de apropiación y el diálogo del dispositivo con las dinámicas de aula siguieron estando presentes en las discusiones del equipo. Por esa razón el equipo fue centrando su interés en el Diseño Participativo.



Diseño Participativo como herramienta de apropiación

El diseño participativo es un método de trabajo que aspira a involucrar al usuario final en el proceso de trabajo desde el primer momento (Robertson & Simonsen, 2012). Se trata de un abordaje abierto a la comunidad en el que cada etapa de desarrollo es validada con los usuarios a partir de talleres y otras actividades de campo. Es un método de empleo cada vez más corriente en el mundo (desde aplicaciones educativas, procesos de trabajo al diseño de hospitales (Muller & Kuhn, 1993)) ya que más allá de su valor filosófico y político se entiende que es de hecho más efectivo a la hora de diseñar soluciones más eficaces y duraderas.

Desde 2020 el equipo de CETA lleva adelante un proyecto de investigación en Diseño Participativo (Borges, Araujo, Maciel, & Nunes, 2016) por el cual maestras, niños y expertos participan del proceso de diseño a través de entrevistas, talleres y otras actividades de investigación. Se trata por su naturaleza de un proyecto con un fuerte componente de relacionamiento con el medio. La intención del proyecto es recoger en la comunidad las necesidades, ventajas y restricciones que podrían impulsar o restringir el éxito de nuestra contribución.

El inicio de este proyecto implicó el contacto con un grupo de maestras a partir de lo que se disparó una interesante reflexión acerca de las posibilidades de apropiación de la tecnología por parte de la comunidad educativa.

Actividades con maestras. Necesidades, apropiación y reparos

La nueva investigación comenzó con la realización de entrevistas a un grupo de maestras de entre 26 y 55 años, con diversos grados de experiencia. El objetivo principal era que nos informaran acerca de su relación con la tecnología, los recursos brindados por Ceibal y cuáles eran los contenidos de enseñanza más relevantes en primer año de escuela. Acerca de los contenidos más preocupantes mencionados en las entrevistas fueron sistemáticamente: el aprendizaje de la numerosidad y la lectoescritura. Dado que en el primer proyecto de CETA el tema de la numerosidad había sido abordado a través de



BrUNO, definimos para el proyecto actual enfocarnos en el aprendizaje de la lectoescritura. Luego de sistematizar los resultados de las entrevistas realizamos talleres con las propias maestras y con niños para crear bocetos para la creación de una aplicación orientada a apoyar el aprendizaje de la lectoescritura. A partir de estos insumos nuestro equipo técnico comenzó una primera versión de una nueva aplicación que será presentada a maestras y niñas para conocer sus impresiones y continuar con el desarrollo.

Más allá de los avances concretos del proyecto y los progresos de cara a la creación de productos, las actividades de intercambio con las maestras dieron lugar a una serie de reflexiones que nos parecen importantes de compartir.

La relación de las maestras con la tecnología en tiempos de pandemia

Uno de los asuntos que más nos interesaba conocer era la relación de las maestras con la tecnología y en particular con Ceibal; qué valoraban de estos recursos y qué efectivamente alcanzaban a emplear en su práctica laboral. En este sentido, algo que fue ampliamente mencionado fue que la pandemia había transformado en buena medida su relación con los recursos tecnológicos. En este periodo muchas maestras adoptaron herramientas de gestión de documentos en la nube como google drive, que les permitía compartir su planificación de clase con otras colegas. También declararon avances en el empleo de las plataformas ofrecidas por Ceibal. Esto aplica tanto para CREA, que es la plataforma de comunicación con niños y padres a través de la que se envían tareas y comunicados, como con otros recursos educativos ofrecidos. En particular se destacó la plataforma Matific, dedicada a matemáticas a través de tareas gamificadas. Las maestras expresaron que los niños practicaban mucho a través de esta de forma autónoma. Sin embargo casi ninguna maestra expresó emplearla como complemento de sus estrategias de enseñanza. De hecho en ningún caso se comunicaron experiencias donde la herramienta informática estuviera integrada a las prácticas de aula.

Dificultades para el empleo de tecnología educativa

Consultadas acerca de cuáles eran los obstáculos para esto, emergieron problemas diversos.



Por una parte, explicaron que muchas tablets se rompen a pocos días de ser entregadas y las reparaciones demoran. Esto hace que buena parte de los equipos no estén disponibles llevando a las maestras a descartar actividades que no podrán realizar con todos los niños.

Otros problemas tienen que ver con la dificultad para encontrar materiales adecuados para integrar a la educación tradicional. Si bien hay muchos recursos ofrecidos desde Ceibal, les resulta difícil orientarse. En este sentido, algunas maestras reconocieron que existían recursos a los que consultar e incluso cursos que se podían tomar, pero que por distintas razones no aprovechaban.

Entendemos que este es un punto central que hace al aprovechamiento de la tecnología en el sistema educativo uruguayo y en particular en el primer año de escuela. Dejando de lado el preocupante asunto de los equipos dañados, es claro que es necesario un acompañamiento más intensivo de las maestras para apuntalar el uso de los recursos disponibles.

Más arriba explicamos que desde el inicio Ceibal nació por fuera de la burocracia tradicional del sistema educativo. Esto continúa acarreado que el empleo de los recursos digitales se encuentre por fuera de los objetivos de estudios. Además el empleo de tecnología educativa no parece ser un asunto especialmente relevante para las jerarquías medias por lo que no hay un papel definido importante para su utilización, más allá de que la predisposición de las maestras es en general buena.

En definitiva encontramos en nuestro análisis una interesante combinación de factores prácticos y concretos, otros metodológicos y epistémicos, conviviendo con otros de naturaleza político-burocrática. Esto reafirma nuestro interés en trabajar el diseño de tecnología desde una perspectiva integral en la que el propio diseño de interacción se hace considerando el sistema sociotécnico en el que nos buscamos integrar. Creemos que el diseño participativo es una herramienta adecuada para estos fines.



Conclusión

En nuestro recorrido con el proyecto CETA hemos realizado un proceso de integración disciplinar y de ampliación de nuestro campo epistemológico. Entendemos que esto es un deber desde nuestro rol como investigadores pero también vislumbramos aquí una importante oportunidad para el desarrollo académico.

En este sentido creemos importante detenernos en la situación particular en la que nos encontramos los investigadores latinoamericanos dedicados al desarrollo de tecnología educativa. La regla es trabajar en una comunidad en la que la mayoría de los/as niños/as asisten a escuelas públicas con menos recursos de los necesarios. Enfrentamos además situaciones de rezago en las que la misma socialización se encuentra amenazada. Todo esto nos pone ante una enorme responsabilidad y desafíos de cara a realizar una contribución responsable, más allá de la producción académica, que de alguna manera u otra es fácil asegurar. Esto nos obliga a entrar en contacto con la comunidad y anidar allí nuestros desarrollos.

Nuestra particular situación, nos distingue de las experiencias que se desarrollan en los países del primer mundo, donde si bien la investigación y la innovación suelen partir de la academia, la implementación frecuentemente acaba quedando en manos del sector privado. Creemos que esto tiene como efecto una reducción del campo epistemológico en el que los proyectos se desarrollan. Es decir, el *aterrizaje* en el campo toma un papel secundario. Entendemos que los investigadores latinoamericanos tenemos a partir de estas dificultades verdaderas fortalezas ya que incluimos en el propio diseño todas las ventajas y amenazas que tarde o temprano afectarán la viabilidad de la propuesta. Creemos que esto nos pone en situación de realizar contribuciones importantes al campo global en la medida en que tengamos posibilidades de seguir investigando.



Referencias

- Antle, A. N., & Wise, A. F. (2013). Getting down to details: Using theories of cognition and learning to inform tangible user interface design. *Interacting with Computers*, 25(1), 1-20.
- Bonilla, M., Marichal, S., Armagno, G., Lorenzo, T. (2010) Designing interfaces for children with motor impairments: An ethnographic approach. XXIX International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC), pp.246-251
- Borges, L. C., Araujo, M. R., Maciel, C., & Nunes, E. P. (2016, October). Participatory design for the development of inclusive educational technologies: A systematic review. In *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-9). IEEE.
- James, K. H., Swain, S. N. (2011). Only self-generated actions create sensori-motor systems in the developing brain. *Developmental Science*, 14, 673–678. doi:[10.1111/j.1467-7687.2010.01011.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2010.01011.x)
- Kersey, A. J., James, K. H. (2013). Brain activation patterns resulting from learning letter forms through active self-production and passive observation in young children. *Frontiers in Psychology*, 4, Article 567. doi:[10.3389/fpsyg.2013.00567](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00567).
- Lamschtein S. & Rivoir, A.L. (2014). Brecha digital e inclusión social, contribuciones y dilemas de las políticas 1 a 1. El caso de Ceibal en Uruguay.
- Manches, A., & O'malley, C. (2012). Tangibles for learning: a representational analysis of physical manipulation. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(4), 405-419.
- Marichal, S., Rosales, A., González Perilli, F., Pires, A. C., Bakala, E., Sansone, G., & Blat, J. (2017). CETA: designing mixed-reality tangible interaction to enhance mathematical learning. In *MobileHCI 2017. 19th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services; 2017 Sep 4-7; Vienna, Austria.. ACM Association for Computer Machinery.*
- Muller, M. J., & Kuhn, S. (1993). Participatory design. *Communications of the ACM*, 36(6), 24-28.



Norman, D. (2013). *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. Basic books.

Pires, A. C., González Perilli, F., Bakala, E., Fleisher, B., Sansone, G., & Marichal, S. (2019). Building blocks of mathematical learning: Virtual and tangible manipulatives lead to different strategies in number composition. In *Frontiers in Education* (p. 81). Frontiers.

Pires, A. C., Marichal, S., Gonzalez-Perilli, F., Bakala, E., Fleischer, B., Sansone, G., & Guerreiro, T. (2019, October). A tangible math game for visually impaired children. In *The 21st International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility* (pp. 670-672).

Robertson, T., & Simonsen, J. (2012). Participatory Design: an introduction. In *Routledge international handbook of participatory design* (pp. 1-17). Routledge.

Sarama, J., & Clements, D. H. (2009). *Early childhood mathematics education research: Learning trajectories for young children*. Routledge.

Upadhyaya, K. T., & Mallik, D. (2013). E-learning as a socio-technical system: An insight into factors influencing its effectiveness. *Business Perspectives and Research*, 2(1), 1-12.

Winocur, R., & Vilela, R. S. (2016). *Familias pobres y computadoras: claroscuros de la apropiación digital*. Montevideo: Planeta.