

C T S
III Seminário Iberoamericano
VII Seminário Ibérico **2012**

VII Seminario Ibérico/III Seminario Iberoamericano CTS en la enseñanza de las Ciencias
“Ciencia, Tecnología y Sociedad en el futuro de la enseñanza de las ciencias”

VII Seminário Ibérico/III Seminário Ibero-americano CTS no ensino das Ciências
“Ciência, Tecnologia e Sociedade no futuro do ensino das ciências”

Organização dos Estados Ibero-americanos
Para a Educação, a Ciência e a Cultura
OEI



Organización de Estados Iberoamericanos
Para la Educación, la Ciencia y la Cultura



Etoys en el aprendizaje del concepto de fracción en las matemáticas

Quintanilla Cándor, Serapio, quintanilla_cn@hotmail.com; Gewerc Barujel, Adriana, adriana.gewerc@usc.es; Fraga Varela, Fernando, nandofv@yahoo.es

Grupo de Investigación Stellae

Universidad de Santiago de Compostela, USC

Santiago de Compostela, España

Categoría: **F** Investigaciones e innovaciones CTS

Resumen

La presencia de tecnologías de la información y la comunicación en el sistema educativo, es una realidad. Etoys, es un lenguaje de programación orientado a objetos (Bouras, Pouloupoulos, & Tsogkas, 2010), fue inspirado en LOGO, PARC – Smalltalk. Es un ambiente amigable para que los niños trabajen en el diseño de proyectos y aprendan matemáticas haciendo programación (Kay, 2005). En esta comunicación se presentan algunos resultados de una investigación realizada con niños de 5^o de primaria en la que, utilizando Etoys, desarrollan proyectos que posibilitan el aprendizaje del concepto fracción. Los resultados muestran que los niños integran diferentes objetos matemáticos a través del diseño de proyectos con Etoys y aprenden conceptos matemáticos integrados con otras áreas.

Palabras clave: Etoys, fracciones, construccionismo, descomposición genética.

1. Introducción

El trabajo de investigación realizado, se basó en la observación y análisis del proceso llevado por niños de 5to de primaria de una escuela de Santiago de Compostela, con actividades dirigidas orientadas al aprendizaje del concepto de fracciones. Estas actividades se encuentran bajo el paradigma de *construccionismo*, una teoría de la educación desarrollada por Seymour Papert profesor del Massachusetts Institute of Technology (MIT), cuya base es la teoría del aprendizaje de Jean Piaget, Vigotsky y Bruner. El análisis del proceso posibilitó visualizar los niveles de constructos mentales en el que los niños se encuentran. Para su evaluación se ha considerado la teoría APOS (acción, proceso, objeto y esquema) de Dubinsky.

Se propuso a los niños simular con Etoys la redistribución del plano de la Casa de las Ciencias de la Coruña (CCC), porque muestra una figura geométrica de forma octogonal. Es en ese proceso de simulación que los niños/as construyen el concepto.



Figura 1. Vista frontal de la Casa de las Ciencias, La Coruña, España.

El conocimiento de las fracciones no sólo permite a los estudiantes calcular, sino que también proporciona una base para el trabajo con tasas, porcentajes, pendiente, y muchos otros temas de matemáticas (Son, 2012, p. 162). Las investigaciones precedentes han revelado que muchos estudiantes e incluso adultos, tienen dificultades para comprender las operaciones con fracciones (Mateos Ponce, 2008; Niekerk, Newstead, Murray, & Oliver, 1999; Ríos García, 2011; Son & Crespo, 2009).

La construcción del significado de fracciones es compleja; resulta de la interacción de los niños con situaciones problemáticas, con sus esquemas de conocimiento y con los sistemas de significantes o signos. Para De León y Fuenlabrada (1996, p. 282), es necesario construir las secuencias didácticas que propicien en los alumnos el aprendizaje de los diferentes significados de las fracciones y los lleven a un uso más real de los significantes. Además de proporcionar una adecuada experiencia con las interpretaciones de las fracciones si se quieren que lleguen a comprender el concepto (Linares y Sánchez, 1988).

Para determinar la construcción y comprensión del concepto de fracciones de los alumnos/as, se trabajó con dos componentes vitales: una teoría principal: el construccionismo; y Etoys una herramienta tecnológica desarrollado por Alan Kay, apoyada en el *diseño de proyectos*.

El construccionismo afirma que el aprendizaje es mejor cuando los niños se comprometen en la construcción de un producto significativo, tal como un castillo de arena, un poema, una máquina, un cuento, un programa o una canción (Falbel, 1993, p. 3). Además, hace hincapié en la diversidad: los alumnos puedan realizar conexiones con el conocimiento de muchas maneras diferentes, alentando múltiples estilos de aprendizaje y representaciones del conocimiento (Kafai & Resnick, 1996, pp. 2–3). Para Papert, la actividad de ensayar, errar y corregir el error (ensayo-error) conduce a niños y niñas a crear y aprender. “[...] los errores nos benefician porque nos llevan a estudiar lo que sucedió, a comprender lo que anduvo mal y a través de comprenderlo a corregirlo” (Papert, 1987, pp. 135–136). Al trabajar con Etoys ocurre este fenómeno, donde la retroalimentación y corrección de los proyectos se transforman en una actividad muy poderosa durante el aprendizaje (Kay, 2010).

2. Uso de tecnología Etoys

En la actualidad, el aprendizaje de las matemáticas está ligado al uso de las tecnologías, y una de las herramientas es Etoys que, ya se ha mencionado, fue diseñada bajo el paradigma del construccionismo de Papert y el constructivismo de Piaget; para que los niños construyan sus conocimientos interactuando con los objetos del mundo real. (Kay, 2002).

Etoys¹, es un lenguaje de programación, desarrollado por Alan Kay y su equipo. Fue orientado por el construccionismo influenciado por Seymour Papert y el lenguaje de programación Logo². Desde el año 2001, el proyecto Etoys pasó a la fundación VPRI (Viewpoints Research, Inc), para promover y mejorar la educación de los niños de todo el mundo. La historia de Etoys está asociada con One Laptop Per Children (OLPC) desde el año 2004 en el MIT.

La mediación de Etoys

Para Vigotsky (1979, pp. 138-139), el proceso del aprendizaje despierta una serie de procesos evolutivos internos capaces de operar solo cuando el niño está en interacción con las personas de su entorno y en cooperación con algún semejante. Una vez internalizado estos procesos, se convierte en parte de los logros evolutivos del niño. Sin embargo, en este proceso, el papel central del buen maestro consiste en descubrir la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) de cada estudiante en un momento determinado de su desarrollo y facilitarle la **mediación** y el apoyo en el aprendizaje. Esa actividad del profesor constituye el “andamiaje”, que permite al estudiante resolver un problema o una tarea para alcanzar un objetivo, que sería muy difícil sin la ayuda de un tutor (Wood, Bruner, & Ross, 1976). El andamiaje, consiste esencialmente en que el adulto controle los elementos de la tarea que inicialmente está más allá de la capacidad del alumno.

Squeak Etoys es una herramienta educativa cuya potencialidad nos facilita el acercamiento a otro modo de conocer y aprender, y con ello lo que hacemos en las escuelas esté más acorde con las necesidades de la sociedad en la que vivimos (Fraga & Gewerc, 2004, p. 19). En tal sentido, Etoys es muy poderoso ya que posibilita aspectos tales como, compartir información, hasta desarrollar juegos en redes. En este contexto, si un niño/a desarrolla una simulación, no solo aprende el contenido de la materia, sino que también aprende la dinámica de comportamiento de su entorno.

En el proceso de proceso de aprendizaje de las fracciones mediado por Etoys, interviene el *diseño de proyecto* en este caso concreto se trata de la actividad de diseñar un software. Según Harel y Papert (1990) y Harel (1991), el diseño de un *software* representa un nuevo paradigma basado en actividades con ordenadores en las escuelas para aprender. Este paradigma de trabajo con niños/as difiere radicalmente del uso del software tradicional (y de programación) en las escuelas. Por tanto, Etoys es un ambiente de aprendizaje, donde los niños/as diseñan software, cuyo resultado es denominado proyecto; además, es fácil de mostrar su funcionalidad a diferencia de otros lenguajes de programación que utilizan códigos (Steinmetz, 2001).

3. Metodología

Se ha utilizado una metodología de carácter cualitativo, el estudio de casos. La investigación trata del estudio de la experiencia con Etoys. Los datos fueron recogidos de: cuadernos, entrevistas, textos, archivos digitales y videos; que describen momentos de rutinas y sus significados (Denzin & Lincoln, 2011). La muestra se seleccionó teniendo en cuenta el análisis en curso, de tal manera que el grupo elegido está en función de la pertenencia de la elaboración de categorías conceptuales y sus relaciones, y no de su representatividad (Laperrière, (1997).

En la investigación se trabajó con 25 estudiantes de 5^{to} grado de primaria de una escuela de Santiago de Compostela (España), quienes ya estaban familiarizados con el lenguaje Etoys en sus aspectos básicos. Para la construcción del concepto de

¹Lenguaje de programación de libre distribución en <http://www.squeakland.org/>

² Lenguaje de programación desarrollado por Seymour Papert en el Massachusetts Institute of Technology (MIT).

fracción, se diseñó una experiencia a realizar por los estudiantes que le permitiese poner en práctica sus nociones previas y evidenciaran ese proceso de construcción, realizando una simulación de redistribución, primero en papel y luego través del diseño de proyectos con Etoys del plano de la CCC. Para el desarrollo de las experiencias se utilizaron las horas de matemáticas (dos semanas, 4 sesiones por semana y una hora por día). Las experiencias se llevaron a cabo en el laboratorio de informática de la escuela y se realizaron en parejas de dos estudiantes, quienes tenían la libertad de hacer consultas con el compañero designado.

Tomando como base el marco conceptual del construccionismo, el rol de los profesores-investigadores fue de guía y moderador del proceso, ofreciendo pistas, a los alumnos/as que tenían problemas y no encontraban rápida solución. En otros momentos de la experiencia, los mismos niños/as fueron protagonistas al explicar las decisiones en torno a las diversas situaciones.

Para describir y explicar los resultados de los aprendizajes, nos centramos en los *diseños de proyectos* elaborados por los niños/as durante las experiencias realizadas con Etoys.

Los objetivos de la investigación refieren a:

- Analizar el proceso de la construcción del concepto de fracción utilizando el lenguaje de programación Etoys, identificando cuatro niveles de constructos mentales.
- Reconocer otros conceptos aprendidos durante el proceso.
- Analizar la influencia del programa Etoys en el proceso de elaboración del concepto de fracción.

Para la evaluación de los resultados del proceso de construcción del concepto de fracción con Etoys, se tomó como referencia la estructura del grupo RUMEC (Asiala et al., 1996); así como el estudio precedente de Arnon (1998), que evidencian cuatro niveles en la construcción del concepto de fracción: acción, proceso, objeto y esquema; a través de la descompisición genética.

El nivel de **acción** es una manipulación metal o física repetible de los objetos (Breidenbach, Dubinsky, Hawks, & Nichols, 1992). En este nivel de constructo el estudiante logra identificar o reconocer el concepto de fracción en las diferentes categorías: 1) Observa una gráfica e identifica la fracción. 2) Realiza trazos de división del plano de la CCC como una división rutinaria (sin analizar las posibilidades).

El nivel de **proceso**, ocurre cuando una *acción* es repetida y el estudiante reflexiona sobre ella; entonces, puede *interiorizar* tal acción en proceso. Durante la experiencia los estudiantes analizan los objetos matemáticos del plano de la CCC y realizaron trazos. Al usar Etoys, los alumnos/as están en condiciones de: 1) Experimentar la construcción de un segmento, determinando su distancia y marco referencial, construir ángulos considerando giros hacia la derecha o hacia la izquierda, ángulos complementarios y suplementarios. 2) Ensayar la construcción de cuadrados y triángulos que son elementos básicos que componen un objeto matemático como es la fracción.

El nivel de **objeto** se evidencia cuando los estudiantes reflexionan sobre las acciones aplicadas a un proceso específico; por ejemplo, los niños/as logran diseñar proyectos de triángulos para la construcción de las fracciones con Etoys. En este caso, se dice que se ha realizado una reconstrucción o se ha *encapsulado* como un objeto cognitivo; entonces, el individuo está en la capacidad de: 1) Explicar los elementos de un triángulo, así como su

construcción con Etoys. 2) Componer los diferentes mosaicos en un guion y construir el triángulo.

El nivel de **esquema**, hace referencia a que una vez construido el o los *objetos* como *sub-esquemas*, estos y los *procesos* pueden interconectarse en varias formas. En este nivel los alumnos/as logran rediseñar la distribución del plano de la CCC interactuando con el objeto denominado triángulo. Al usar Etoys logran integrar diversos esquemas de conceptos matemáticos y otras materias para construir el concepto de fracción: 1) Concibe el concepto de una fracción como la división de un objeto en varias partes iguales. 2) Construye fracciones con el objeto triángulo (la distribución del plano de la CCC). 3) Concibe el concepto de una fracción como la unión de varias partes iguales para formar un objeto dividido.

4. Resultados

La experiencia de los niños/as con Etoys evidenció un proceso de cambio rápido de estado estático a un proceso dinámico. La Figura 2.a muestra las posibles divisiones; la Figura 2.b muestra la programación en papel, que luego pondrán en guiones durante el diseño del proyecto.

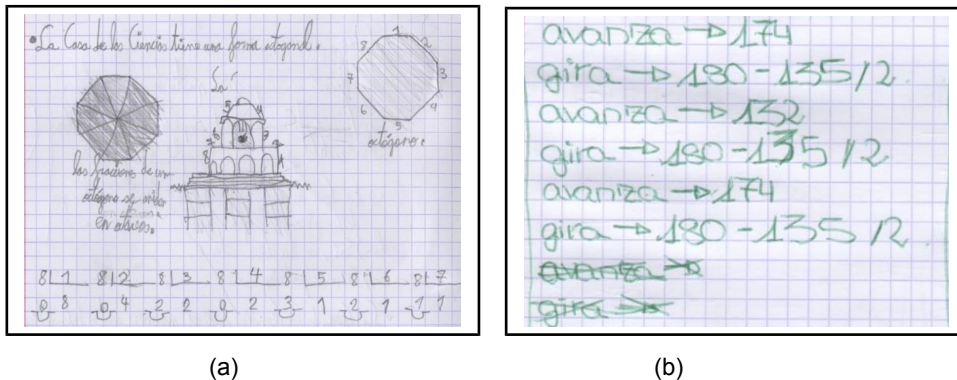


Figura 2. (a) Dibujo de la CCC y las supuestas divisiones del alumno "A"; (b) programación que realizará con Etoys, diseñado por la alumna "B".

El momento esperado llega cuando los niños/as diseñan sus proyectos en el mundo de Etoys. La mayoría diseñan (ver Figura 3) por ensayo-error, este tipo de actividades permite desequilibrios y reequilibraciones permanentes del pensamiento matemático avanzado. Los niños a este punto se encuentran el nivel de proceso, interiorizando las acciones.



Figura 3. Diseño de proyecto de un triángulo realizada por la alumna "B".

De acuerdo a la teoría APOS; con estas acciones y procesos el alumno "C" (Figura 4) logra una estructura mental de *esquema* al diseñar el octágono a través de la agrupación de una serie de sub-esquemas (rectas, ángulos, distancias, triángulos), para visualizar, finalmente el concepto de fracción.

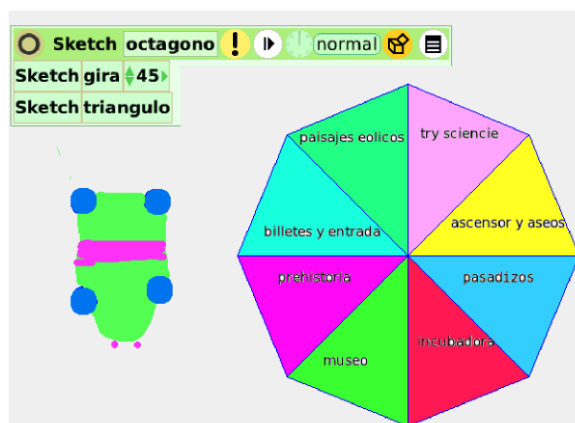


Figura 4. Redistribución del plano de la CCC utilizando Etoys por el niño “C”.

Por tanto, el concepto de fracción se relaciona con el uso de elementos geométricos durante la programación a través de etapas secuenciados; estos niños se ubican en dos niveles: el diseño básico, al construir una figura geométrica y luego usar el guión básico para diseñar otro guión de mayor jerarquía (recta, ángulo, triángulo).

5. Conclusiones

- La mayor parte de los estudiantes alcanzan el nivel superior de *esquema* (toman diversos objetos matemáticos para construir la fracción), una pequeña parte de ellos se encuentran en transito entre los niveles inferiores: entre los niveles de *proceso* (comienza a utilizar otros objetos sin llegar a construir el concepto de fracción), *objeto* (tienen la idea del concepto de fracción utilizando sólo con triángulos) y *esquema*.
- En la construcción del concepto fracción con Etoys, los niños utilizan y aprenden dos grupos diferentes de objetos matemáticos: objetos visibles y objeto invisibles. Los objetos visibles se producen en aquellas situaciones en las que el niño/a manipula los objetos teniendo presente conceptos ya aprendidos, como los de “avanza” y “gira”; para fijar nuevos conceptos como por ejemplo: segmento, recta, ángulos, triángulo, cuadrado y la división del plano (como fracción) de la Casa de las Ciencias. Mientras tanto, los objetos ocultos son aquellos que manipulan directa o indirectamente, sin tomar conciencia de su presencia (marco de referencia, ubicación espacial, medida, par ordenado, números entero, vector, ángulos suplementarios y movimiento). Ambos forman parte del aprendizaje durante el proceso. Además los niños desarrollan otras habilidades tales como competencia lingüística, competencia digital, percepción visual, creatividad e imaginación.

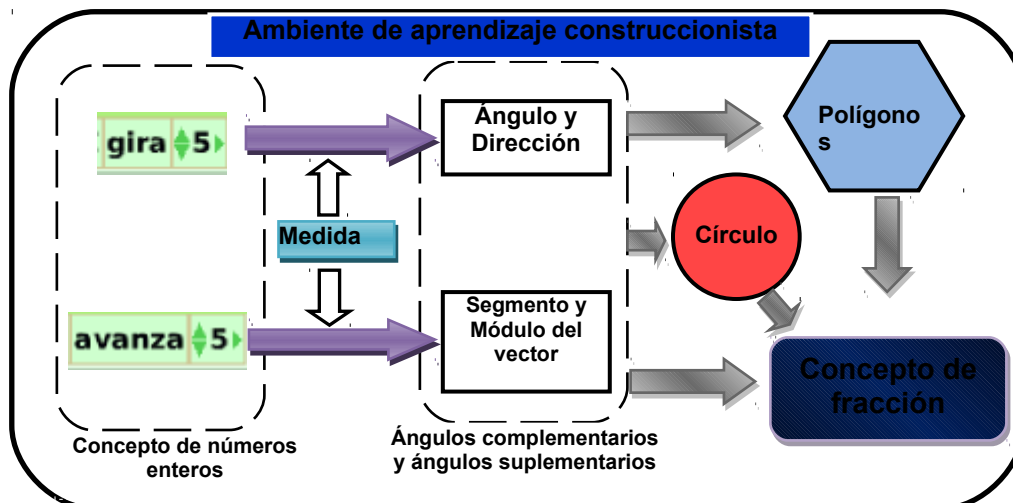


Figura 5. Elementos y proceso de construcción del concepto de fracción.

- Etoys es más que una herramienta digital, permite el aprendizaje del estudiante integrando objetos matemáticos simples para construir otros objetos, logrando que el alumno aprenda conceptos matemáticos mucho más complejos que los incluidos en su nivel curricular, integrando así su aprendizaje con elementos de otras materias.

6. Bibliografía

- Arnon, I. (1998). *In the mind's eye: How children develop mathematical concepts - extending Piaget's theory. The case of fractions in grade four* (Doctoral Thesis). University of Haifa, Israel. Retrieved from http://digitool.haifa.ac.il/view/action/singleViewer.do?dvs=1333050706185~494&locale=es_ES&VIEWER_URL=/view/action/singleViewer.do?&DELIVERY_RULE_ID=3&search_terms=SYS%20=%20000020998&adjacency=N&application=DIGITOO-3&frameId=1&usePid1=true&usePid2=true
- Asiala, M., Brown, A., Devries, D. J., Dubinsky, E., Mathews, D., & Thomas, K. (1996). A Framework for Research and Curriculum Development in Undergraduate Mathematics Education. *CBMS. Issues in Mathematics Education: Research in Collegiate Mathematics Education*, 6, 1–32.
- Bouras, C., Pouloupoulos, V., & Tsogkas, V. (2010). Squeak Etoys: Interactive and Collaborative Learning Environments. In Management Association, USA, I (Ed.), *Gaming and Simulations: Concept, Methodologies, Tools and Applications* (Vol. 3, pp. 898–909). IGI Global. Retrieved from <http://www.igi-global.com/chapter/gaming-simulations-concepts-methodologies-tools/49425>
- Breidenbach, D., Dubinsky, E., Hawks, J., & Nichols, D. (1992). Development of the process conception of function. *Educational Studies in Mathematics*, 23(3), 247–285. doi:10.1007/BF02309532
- De León, H., & Fuenlabrada, I. (1996). Procedimiento de solución de niños de primaria en problemas de reparto. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 1(2), 268–282.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (Eds.). (2011). *The SAGE Handbook of Qualitative Research* (Fourth ed.). California: Sage Publications, Inc.

- Falbel, A. (1993). Construccinismo. Enlaces 2001. Abriendo las Fronteras del Aula. Retrieved from <http://llk.media.mit.edu/projects/panama/lecturas/Falbel-Const.pdf>
- Fraga, F., & Gewerc, A. (2004). Una experiencia interdisciplinar en Ed. Primaria mediante el uso de Squeak. *Innovación educativa, Universidad de Santiago de Compostela*, (15), 1–20.
- Harel, I. (1991). *Children designers: interdisciplinary constructions for learning and knowing mathematics in a computer-rich school*. The Media Laboratory Massachusetts of Technology. New Jersey: Ablex Publishing.
- Harel, I., & Papert, S. (1990). Software design as a learning environment. *Massachusetts Institute Technology. Epistemology and Learning Group. Interactive Learning Environments*, 1(1), 1–36.
- Kafai, Y. B., & Resnick, M. (1996). *Constructionism in Practice: Designing, Thinking, and Learning in A Digital World*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Kay, A. (2002). *Squeakers*. Squeakers. In Viewpoints Research Institute. A documentary film celebrating a new way of teaching math and science to young children using computers. Ball State University. Retrieved from <http://www.squeak.org/Community/SqueakersDVD/>
- Kay, A. (2005). Squeak Etoys, Children & Learning. *Viewpoints Research Institute*, 1–8.
- Kay, A. (2010). Programming and Programming Languages. Viewpoints Research Institute. VPRI Research Note RN-2010-001. Retrieved from http://www.vpri.org/pdf/rn2010001_programm.pdf
- Laperrière, A. (1997). La théorisation ancrée (grounded theory): démarche analytique et comparaison avec d'autres approches apparentées. In J. Poupart, J. P. Deslauriers, L.-H. Groulx, A. Laperrière, R. Mayer, & A. Pires (Eds.), *La recherche qualitative. Enjeux épistémologiques et méthodologiques* (pp. 309–340). Boucherville, Québec: Gaëtan Morin.
- Linares, S., & Sánchez, M. (1988). *Fracciones: la relación parte-todo*. Madrid: Editorial Síntesis S.A.
- Mateos Ponce, T. G. (2008). Una aproximación a las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas. Un punto de vista psicogenético. *Ethos Educativo*, 41, 193–208.
- Niekerk, T. van, Newstead, K., Murray, H., & Oliver, A. (1999). Successes and obstacles in the development of grade 6 learners' conceptions of fractions. *Proceedings of the Third National Congress of the Association for Mathematics Education of South Africa* (Vol. 1, pp. 221–232). Port Elizabeth Technikon: MALATI. Retrieved from <http://academic.sun.ac.za/mathed/malati/Files/Fractions993.pdf>
- Papert, S. (1987). *Desafío a la mente: Computadoras y Educación*. Buenos Aires: Galápagos.
- Ríos García, Y. J. (2011). Concepciones sobre las fracciones en docentes en formación en el área de matemática. *Revista Omnia*, 17(1), 11–33.

- Son, J.-W. (2012). A cross-national comparison of reform curricula in Korea and the US in terms of cognitive complexity: the case of fraction addition and subtraction. *ZDM*, 44(2), 161–174. doi:10.1007/s11858-012-0386-1
- Son, J.-W., & Crespo, S. (2009). Prospective teachers' reasoning and response to a student's non-traditional strategy when dividing fractions. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 12(4), 235–261. doi:10.1007/s10857-009-9112-5
- Steinmetz, J. (2001). Computer and Squeak as Environment Learning. In M. J. Guzdial & K. M. Rose (Eds.), *Squeak: Open Personal Computing and Multimedia* (pp. 453–482). New Jersey: Prentice Hall.
- Vigotsky, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Grupo Editorial Grijalbo.
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The Role of Tutoring in Problem Solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89–100. doi:10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x