

# La construcción del concepto de fracciones con Etoys

Quintanilla Córdor, Cerapio  
Grupo de Investigación Stellae  
Universidad de Santiago de Compostela,  
USC  
Santiago de Compostela, España  
quintanilla\_cn@hotmail.com

Fraga Varela, Fernando  
Grupo de Investigación Stellae  
Universidad de Santiago de Compostela,  
USC  
Santiago de Compostela, España  
nandofv@yahoo.es

Gewerc Barujel, Adriana  
Grupo de Investigación Stellae  
Universidad de Santiago de Compostela,  
USC  
Santiago de Compostela, España  
adriana.gewerc@usc.es

**Resumen**—Se presenta el resultado de un estudio sobre la construcción del concepto fracción haciendo uso de un robot virtual a través del lenguaje de programación Squeak-Etoys, con niños de 5<sup>to</sup> de educación primaria. El objetivo principal del trabajo de investigación es que los niños/as diseñen un software que permita poner en movimiento el robot virtual y, a través de éste, construyan el concepto matemático de fracción. Para la construcción de este concepto se planteó realizar una simulación, primero en papel y luego en Squeak-Etoys del edificio de la Casa de las Ciencias de La Coruña, España. Los resultados muestran que 19 niños/as del total (25) lograron alcanzar el nivel más óptimo e integrar diferentes objetos matemáticos en el diseño de programación con Squeak-Etoys para la construcción del concepto fracción.

**Palabras clave**-Robot virtual, Squeak-Etoys, construccionismo, fracción y Descomposición genética

## I. INTRODUCCION

Squeak-Etoys es un lenguaje de programación orientado a objetos de libre distribución[1], está inspirado en LOGO, PARC-Smalltalk, Hypercard, and starLOGO [2]. El lenguaje de programación Logo fue el primero en ser diseñado específicamente para niños. Papert usó un robot “tortuga de piso” en el laboratorio de inteligencia artificial del Massachusetts Institute of Technology (MIT) que los niños podrían guiar mediante comandos [3]. Squeak-Etoys es una herramienta educativa muy poderosa, fue elaborada bajo el paradigma del construccionismo de Papert y el constructivismo de Piaget, mediante ella, los niños construyen sus conocimientos interactuando con los objetos del mundo real. Alan Kay [4] enfatiza que el aprendizaje de matemáticas y de ciencias es esencial para entender el mundo que nos rodea. El objetivo de Squeak no es convertir a los niños en científicos, sino en hacer de ellos una generación capaz de usar conocimientos que vayan más allá del sentido común para entender el mundo que les rodea. Además Squeak-Etoys es un ambiente amigable para que los niños trabajen mediante proyectos y aprendan matemáticas haciendo programación [2].

El *construccionismo* es una teoría de la educación desarrollada por Seymour Papert, profesor del MIT que tiene su base teórica en la teoría del aprendizaje de Jean Piaget [5] y el aprendizaje por descubrimiento de Bruner. El *construccionismo* involucra dos ideas acerca del aprendizaje: la primera, afirma que es un proceso activo en el que los individuos construyen conocimiento a través de sus experiencias en el mundo (idea basada en las teorías de Jean

Piaget). Y la segunda, enfatiza que esos nuevos conocimientos se construyen con especial eficacia cuando están comprometidos con productos personalmente significativos.

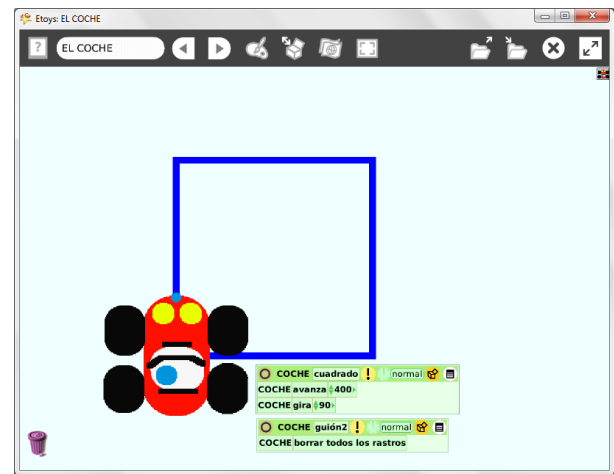


Figura 1. Robot virtual (coche) en el mundo de Etoys graficando un cuadrado.

Para Papert, la actividad de ensayar, errar y corregir el error (ensayo-error) conduce a niños y niñas a crear y aprender. A este acto le denomina un proceso de depuración (corrección del error). Añade que “... 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” [6]. Y cuando se trabaja con Squeak Etoys ocurre este fenómeno, por lo cual la retroalimentación y corrección de los proyectos se transforman en una actividad muy poderosa [7].

## II. TECNOLOGÍA EN EL AULA

Es fundamental el uso de Squeak Etoys en la actividad de los estudiantes, porque es un programa amigable de fácil comprensión, es intuitivo y una herramienta desafiante que permite diseñar diversos proyectos de programación, así como controlar el robot virtual; al mismo tiempo el alumno/a, al realizar estas acciones, construye su conocimiento integrando diversas áreas y materias. Además, el estudiante, al usar Squeak Etoys tiene un laboratorio virtual que pone retos a su creatividad.

Por otro lado, un proyecto desarrollado con Squeak implica un primer nivel de programación para que los niños inicien su labor haciendo simulaciones en el campo de la robótica y la electrónica con Etoys, además existe una extensión de Etoys denominada Physical Etoys [8] que permite trabajar con Lego Educativo (Mindstorms) y también en la electrónica, utilizando una placa Arduino. Además Squeak Etoys permite interrelacionar las matemáticas con otras materias, tales como la robótica, la electrónica, la biología, la física, de manera integrada. De esta forma, las clases de robótica se pueden relacionar con matemáticas, que es su principal componente.

### III. METODOLOGÍA

La estructura de investigación tiene cuatro fases: elaboración del marco teórico; implementación y diseño de proyectos (experiencias) en un contexto de laboratorio en una escuela de Galicia, observación, análisis y evaluación de los resultados [9] y conclusiones.

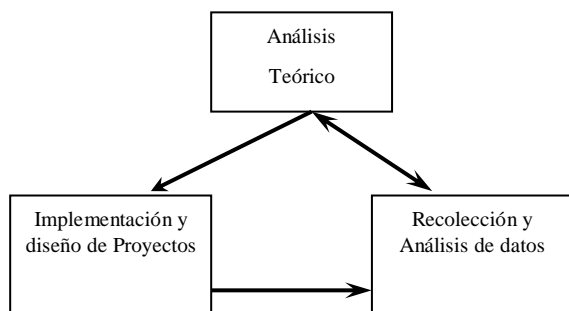


Figura 2. Diagrama de la investigación.

El marco teórico se basa en las teorías del constructivismo de Piaget, fundamentalmente en sus aportaciones en relación con las equilibraciones cognitivas; la teoría APOS de Dubinsky (descomposición genética y los niveles de las estructuras mentales); el construccionismo de Papert, asentado en los objetos para pensar, las entidades públicas y micromundos. El objetivo básico de la investigación es analizar el proceso de construcción del concepto de fracción por parte de niños/as de educación primaria, utilizando el lenguaje de programación Etoys. Para ello se diseñó una experiencia a realizar por los estudiantes que le permitiese poner en práctica sus nociones previas y evidenciaran ese proceso de construcción.

Se selecciona la reconstrucción de la Casa de las Ciencias de La Coruña por su forma geométrica (octágono). En la experiencia participaron 25 niños/as con un promedio de edad de 10 años que cursan 5to grado de primaria. Para el desarrollo de las sesiones se utilizaron las horas de matemáticas (dos semanas, 4 sesiones por semana y una hora por día). Las sesiones se llevaron a cabo en el laboratorio de informática de una escuela de Santiago de Compostela. El trabajo se realizó en parejas y los estudiantes 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/a que tenían problemas y no encontraban rápida solución. En otros momentos de la experiencia, los mismos niños fueron protagonistas al explicar las decisiones que fueron tomando en las diversas situaciones.

Todas las sesiones fueron grabadas en video y en audio. Además los alumnos/as guardaron cada día de trabajo en una carpeta, lo que permitió analizar el proceso y las acciones llevadas a cabo por cada uno de ellos

Para la construcción del concepto de fracción, primero, se inició con una exploración en Internet con el objeto de buscar información sobre la Casa de las Ciencias de La Coruña y poder determinar su forma geométrica, luego plasmaron en papel los bosquejos necesarios de la distribución; finalmente realizaron las programaciones hasta construir en la pantalla, con Squeak Etoys, el plano del edificio de la Casa de las Ciencias de La Coruña, España, utilizando un robot virtual (coche).

Para el análisis de los datos se utilizaron las categorías teóricas de la *descomposición genética* de la teoría APOS, basada en cuatro niveles de constructos mentales: *acción*, *proceso*, *objeto* y *esquema* [10]. Estas estructuras parten de los mismos esquemas que la abstracción reflexiva de Piaget:

- El nivel de *acción* se evidencia cuando los estudiantes conciben el concepto de fracción como algo externo, memorístico y sin analizar. En la experiencia realizada, con el uso de Squeak Etoys, este nivel se produce cuando dibujan objetos con la paleta de pintor y diseñan guiones para mover el robot, sin explicar las razones de su movimiento.
- El nivel de *proceso* se produce cuando una acción es repetida y el estudiante reflexiona sobre ella; entonces, puede interiorizar tal acción en proceso. Esto puede verse en la experiencia que realizamos cuando los estudiantes analizan los componentes del plano de la Casa de las Ciencias (segmentos, ángulos, triángulos y polígonos) e intentan realizar los trazos. En el uso de Squeak Etoys, los alumnos/as experimentaron con el diseño de guiones de programación midiendo las distancias, tomando sistemas de referencia y trazado de los ángulos y explicando las funciones de los guiones.
- El nivel de *objeto* se evidencia cuando los estudiantes reflexionan sobre las acciones aplicadas a un proceso específico y, por ejemplo, logran diseñar triángulos y cuadrados para la construcción de las fracciones. En cuanto a Squeak-Etoys, este nivel se produce cuando los niños tienen cierto dominio en el diseño de la programación para construir recorridos geométricos y el robot virtual puede graficar un cuadrado o un triángulo.
- El último nivel, el de *esquema*, hace referencia a que, una vez construido el o los objetos, éstos y los procesos pueden interconectarse en varias formas. En este nivel los alumnos/as logran construir el plano de la Casa de las Ciencias utilizando como herramienta el robot virtual de Squeak Etoys y logran integrar diversos esquemas de conceptos matemáticos y otras materias para construir el concepto fracción.

Durante el desarrollo de las experiencias los niños/as han pasado por los cuatro niveles cognitivos; el paso de un nivel a otro nivel no son consecutivos, puede ocurrir que exista un

salto cualitativo del nivel inferior al nivel superior. Para Piaget [10] no existe un punto de detención en la equilibración cognitiva; porque, el proceso de construcción del conocimiento se realiza mediante un espiral cualitativo. Finalmente, el niño/a habrá alcanzado el nivel relativo máximo o equilibración maximadora cuando logra construir el plano de la Casa de las Ciencias expresado mediante el concepto de fracción.

#### IV. RESULTADOS

El desarrollo de la experiencia evidenció que cuando los niños exploran con las herramientas de Etoys, se encuentran en el nivel de acción. La figura 3 muestra el momento de la actividad, cuando utilizan las herramientas Etoys por ensayo-error [6], intentando hacer memoria de situaciones aprendidas con anterioridad. Sin embargo, como se trata de nuevas situaciones, los esquemas anteriores no son útiles, por lo que ingresan a una fase de desequilibrio, que requiere una equilibración [10].



Figura 3. Robot virtual, mediante un guión intenta graficar una circunferencia.

Los resultados muestran que los niños tuvieron que pasar por diferentes niveles para diseñar el plano de redistribución de la Casa de las Ciencias. Se inician con los dos elementos básicos de matemática para dar orden al robot virtual, el trazado de un segmento, y el ángulo de giro (positivo a la derecha, negativo a la izquierda). Luego diseñaron el triángulo.



Figura 4. Los niños en el laboratorio diseñando sus programaciones.

Una vez diseñado el guión (programación del software) del triángulo, éste fue reutilizado nuevamente para diseñar el guión del octógono, que es la forma que tiene la base de la Casa de las Ciencias.

La evaluación de los resultados se realizó haciendo énfasis en el uso de Squeak Etoys, porque la construcción del concepto fracción es el resultado de las operaciones realizadas por el robot virtual. Los resultados, de acuerdo a la descomposición genética, se resumen en el siguiente:

TABLA I. RESULTADO DE LOS NIVELES DE CONSTRUCTOS MENTALES ALCANZADOS POR LOS ALUMNOS DEL 5<sup>TO</sup> GRADO DE PRIMARIA

Niveles de constructos mentales de acuerdo a la descomposición genética													
Total	Acción			Proceso			Objeto			Esquema			
	Si	In	No	Si	In	No	Si	In	No	Si	In	No	
n	25	25	0	0	11	4	10	22	0	3	19	0	6
%	100	100	0	0	44	16	40	88	0	12	76	0	24

Si: diseñaron

In: en tránsito

No: no diseñaron

En el primer nivel todos los niños realizan las operaciones mecánicamente; es decir consideran una fracción como la idea de repartir un objeto circular, fenómeno aprendido en la escuela; en cuanto a Squeak Etoys, los guiones son utilizados haciendo memoria de los proyectos desarrollados anteriormente.

En el nivel de *proceso*, las acciones se repiten con cierto análisis, tanto en lo relativo al concepto de fracción como al diseño del software para ordenar el movimiento del robot virtual mediante guiones. Sólo 11 estudiantes lograron comprender el proceso, 4 se encuentran en tránsito y 10 no lograron desarrollar las actividades.

En el nivel *objeto*, de los 25 alumnos/as, 22 lograron realizar los triángulos, diseñando guiones para que el robot virtual los ejecutara. Esta diferencia con el nivel de *proceso*, puede deberse a que en las sesiones muchos estudiantes compartieron información o ayuda de sus compañeros. En tal sentido; según Ed Dubinsky[11], para Piaget, en este nivel ya alcanzaron el la abstracción reflexiva, porque al diseñar los guiones de las figuras geométricas (triángulo, cuadrado) encuentran ciertos patrones y secuencias similares (líneas, distancias, ángulos de giro, sentido); entonces los niños/as interiorizan y coordinan las acciones llegando a reglas de generalización en el diseño de los guiones.

Finalmente, 19 niños lograron alcanzar el nivel de *esquema* (que puede considerarse el más óptimo) e integrar diferentes objetos matemáticos en el diseño de programación Squeak Etoys para la construcción del concepto fracción. En este nivel según Piaget, los niños nuevamente alcanzan el nivel de abstracción reflexiva llamado también coordinación general de acciones, porque al diseñar el plano de la Casa de las Ciencias, lo conciben como la agrupación de las partes; es decir, la división del plano en ocho partes, es expresado como la agrupación de triángulos que forman el octógono.

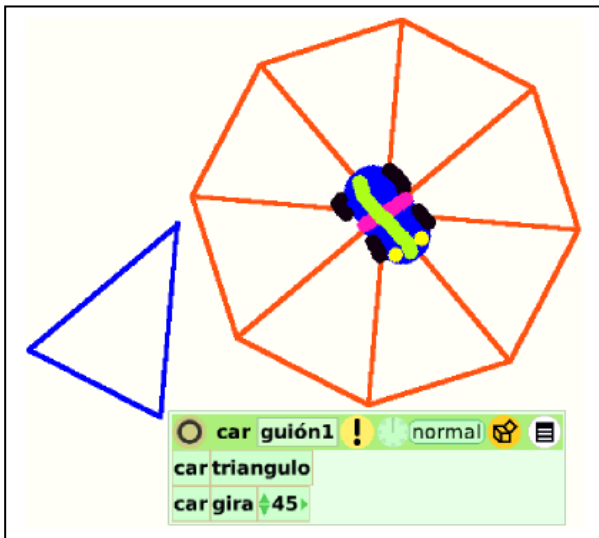


Figura 5. Robot virtual, diseñando la forma octogonal de la Casa de las Ciencias expresado como una fracción.

Por tanto, el concepto de fracción no se relaciona solamente con la idea de dividir, sino también con la de agrupar. En cuando a la programación, 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.

## V. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que un alto porcentaje de los participantes logran alcanzar el nivel de *esquema*. En este nivel y a su edad, los niños logran dos aspectos:

- a) diseñar software utilizando el lenguaje de programación Squeak Etoys para poner en acción el robot virtual; y
- b) construir el concepto de fracción utilizando diferentes esquemas u objetos matemáticos: rectas, ángulos (complementarios-suplementarios), distancia, giro, sistema de referencia, vector (dirección, sentido y magnitud), triángulos, polígonos y números enteros.

El estudio demuestra que Squeak Etoys es una herramienta educativa que permite integrar diversos objetos matemáticos, logrando que los alumnos aprendan incluso elementos curriculares que están en un nivel superior. Además, diseñan simulaciones y programas muy complejos, de diversas áreas de matemáticas, ciencias e ingeniería, convirtiendo a Squeak Etoys en su laboratorio virtual.

## REFERENCIAS

[1] C. Bouras, V. Pouloupoulos, y V. Tsogkas, «Squeak Etoys: Interactive and Collaborative Learning Environments», in *Gaming and Simulations: Concept, Methodologies, Tools and Applications*, vol. 3, Management Association, USA, I, Ed. IGI Global, 2010, pp. 898-909.

[2] A. Kay, «Squeak Etoys, Children & Learning», *Viewpoints Research Institute*, pp. 1-8, 2005.

[3] G. Bull, «Children, Computers, and Powerful Ideas», *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, vol. 5, n.º. 3/4, pp. 349-352, 2005.

[4] A. Kay, *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, 2002.

[5] A. Falbel, «Construccionismo». Enlaces 2001. Abriendo las Fronteras del Aula, 1993.

[6] S. Papert, *Desafío a la mente: Computadoras y Educación*. Buenos Aires: Galápagos, 1987.

[7] A. Kay, «Programming and Programming Languages». Viewpoints Research Institute. VPRI Research Note RN-2010-001, 2010.

[8] G. Zabala, R. Morán, y S. Blanco, «Arduino Etoys: a programming platform for Arduino on Physical Etoys», presented at the 1st International Conference on Robotics in Education (RIE 2010), Bratislava, Eslovaquia, 2010.

[9] M. Asiala, A. Brown, D. J. Devries, E. Dubinsky, D. Mathews, y K. Thomas, «A Framework for Research and Curriculum Development in Undergraduate Mathematics Education», *CBMS. Issues in Mathematics Education: Research in Collegiate Mathematics Education*, vol. 6, pp. 1-32, 1996.

[10] J. Piaget, *La equilibración de las estructuras cognitivas: Problema central del desarrollo*. Madrid: Siglo XXI, Editores S.A, 1990.

[11] E. Dubinsky, «Reflective abstraction in advanced mathematical thinking», in *Advanced Mathematical Thinking*, vol. 11, D. Tall, Ed. Dordrecht / Boston / London: Kluwer Academic Publishers, 1991, pp. 95-126.