



Construcción de trayectorias en el plano con *Scratch*

María **Mina**

Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba
Argentina

mdelvmina@gmail.com

Mónica **Villarreal**

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) - Facultad de
Matemática, Astronomía, Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba
Argentina

mvilla@famaf.unc.edu.ar

Resumen

Presentamos los resultados de un trabajo de investigación de naturaleza descriptiva acerca de la matemática que aparece en simulaciones de situaciones de la realidad diseñadas por estudiantes de primer año de enseñanza secundaria, usando el software *Scratch* (<https://scratch.mit.edu/>). En particular, reportamos aquí acerca de las estrategias de construcción de trayectorias en el plano implementadas para definir el movimiento de los personajes de la simulación. Caracterizamos esta experiencia como una *tarea de exploración*. El análisis realizado revela el producto de un colectivo *estudiantes-con-Scratch* donde aparecen diversos procedimientos de traducción, condicionadas por la tecnología a disposición, de las representaciones de los estudiantes acerca de movimientos de objetos de la realidad, en puntos que definen trayectorias para esos movimientos.

Palabras clave: simulaciones, software *Scratch*, tareas de exploración, enseñanza secundaria

Introducción

El software *Scratch*, desarrollado por el Grupo *Lifelong Kindergarten* del Instituto Tecnológico de Massachusetts, es un lenguaje visual de programación, de fácil aprendizaje aún para niños pequeños, que permite la creación de modelos, simulaciones, historias interactivas, juegos o animaciones (Maloney, Resnick, Rusk, Silverman & Eastmond, 2010). En la Figura 1 aparece una secuencia de comandos de *Scratch* aplicada al personaje que allí aparece (un gato), donde luego de desplazarlo 10 pasos con el comando “*mover*”, el personaje pregunta “¿Llueve?”.



Figura 1. Secuencia de programación con Scratch.

Con este tipo de tecnología, los estudiantes de enseñanza secundaria disponen de un recurso digital para la creación de simulaciones de situaciones de la realidad, construyendo la secuencia de códigos apropiada. Un caso particular de construcción de simulaciones se consigue con la programación en dispositivos digitales tales como *Scratch*. Autores como Biembengut & Hein, (2003), y Maltempi & Dalla Vecchia (2013), reconocen en una secuencia de programación un caso particular de modelo matemático que intenta traducir, aún de manera simplificada, la realidad simulada.

En esta comunicación buscamos responder la pregunta acerca de qué matemática aparece en las producciones de estudiantes de enseñanza secundaria cuando se los invita a diseñar con *Scratch* una simulación de una situación de la realidad elegida por ellos. El reporte que presentamos contiene parte de los resultados obtenidos en un trabajo de investigación que explora y describe esta matemática. Aquí, en particular, presentamos cuáles son los conocimientos y estrategias puestas en juego por los estudiantes en la construcción de trayectorias en el plano para los personajes que aparecen en sus simulaciones.

Marco teórico

Adoptamos la perspectiva epistemológica de *humanos-con-medios* (Borba & Villarreal, 2005) para analizar la experiencia de construir con *Scratch* una simulación de una situación de la realidad. Según estos autores, el constructo *humanos-con-medios* hace referencia a un colectivo conformado por humanos y sus tecnologías como la unidad básica e indisoluble productora de conocimiento. En esta unidad cognitiva los medios con los cuales se produce conocimiento aparecen no meramente como recursos auxiliares facilitadores de tareas, sino como algo esencial, constitutivos del conocimiento producido (Villarreal, 2012).

Desde una perspectiva pedagógica, una tarea en donde se propone a los estudiantes la selección de un tema de la realidad para simular puede considerarse como una *tarea de exploración* (Ponte, Branco & Quaresma, 2014) en donde las metas de aprendizaje no aparecen bien delimitadas y las soluciones a los problemas son inciertas. Según estos autores, este tipo de tareas se caracteriza por promover en los estudiantes la construcción de nuevos conceptos, representaciones, o procedimientos, o el uso creativo de conceptos ya aprendidos. Así, en tales situaciones de enseñanza, los estudiantes se involucran en actividades que invitan a “descubrir regularidades, relaciones, semejanzas y diferencias con el fin de obtener generalizaciones” (Ponte & Matos, 1992, p. 239). En una *tarea de exploración*, el aprendizaje de conocimientos y procedimientos se evidencia en la fluidez con la que los estudiantes llevan a cabo procesos de traducción de una forma de representación en otra (Ponte et al, 2014).

Procedimientos Metodológicos

La investigación se llevó a cabo en un curso de primer año de enseñanza secundaria conformado por 21 alumnos de 12-13 años de edad (11 mujeres y 10 varones) en una escuela pública de gestión privada de la ciudad de Córdoba, Argentina. La primera autora de este trabajo era la profesora a cargo. En las clases de ese curso era frecuente el uso de recursos para aprender matemática tales como hojas de cálculo, graficadores dinámicos, calculadoras, Internet, entre otros. Actividades relativas a los elementos de un sistema de coordenadas cartesianas, ubicación y lectura de puntos en el plano ya habían sido objetos de enseñanza en ese curso con anterioridad a la experiencia. Como parte de las actividades curriculares, se invitó a los estudiantes a formar grupos, elegir una situación de la realidad de su interés y construir con *Scratch* una simulación de la misma. Los estudiantes no habían tenido experiencia previa en programación. Antes de comenzar con la tarea, se destinaron tres clases de 40 minutos cada una donde se mostró el modo de funcionamiento de *Scratch* mediante ejemplos elaborados por la profesora para resolver cálculos, ecuaciones, y construcción de figuras geométricas mediante el empleo de comandos de desplazamientos y giros.

Se destinaron 10 clases, de 40 minutos cada una, para que los estudiantes construyeran sus simulaciones. La actividad se desarrolló en el laboratorio de informática de la escuela, en el cual había computadoras suficientes para que los estudiantes trabajaran en pares (salvo un grupo que quedó conformado por tres estudiantes). Los estudiantes perfeccionaban su trabajo de una clase a otra. De las 10 clases, dos se destinaron para que los estudiantes relataran a sus compañeros el estado de avance del trabajo y el uso de estrategias exitosas que habían implementado.

Se obtuvieron 10 documentos de *Scratch* con el resultado final de la simulación por cada grupo, junto a otros tres o cuatro documentos adicionales como versiones previas. Los resultados que aquí se reportan son el producto del análisis de estos documentos.

Para indagar acerca de la matemática que apareció en las simulaciones construidas por los estudiantes para implementar, en particular, trayectorias de objetos en el plano, adoptamos una perspectiva de *arqueología matemática* (Skovsmose, 1992), es decir, de búsqueda de las raíces matemáticas presentes en las secuencias de programación diseñadas por los estudiantes. Esta búsqueda se acompañó con la mirada analítica de los efectos y acciones que aparecieron en las simulaciones. Realizamos un análisis buscando establecer relaciones entre los movimientos y acciones observados en los personajes animados, y los comandos del software implementados para conseguirlos.

Resultados y análisis

En este estudio nos focalizamos en el análisis de simulaciones que muestran la producción de diversas trayectorias de personajes en la pantalla de una computadora. Consideramos una *trayectoria* en el plano como el lugar geométrico de los puntos del plano (x, y) que describen las posiciones sucesivas de un objeto en movimiento. Este conjunto de puntos queda definido, en nuestro caso, mediante una secuencia de comandos de programación en *Scratch* que produce el movimiento de objetos en el plano de la pantalla. A continuación, describiremos cuatro simulaciones que muestran el uso de estos comandos y las trayectorias generadas. Posteriormente, analizaremos estas producciones en conjunto. Cada simulación se identificó con un título que intenta describir su contenido.

¿Bailamos?: una trayectoria horizontal

La Figura 2 muestra, a la izquierda, una escena en la cual dos jóvenes se encuentran bailando y a la derecha parte de una secuencia de programación que determina los movimientos del joven. En esa secuencia se observa el uso de dos comandos de movimiento: “*ir a x:... y:...*” y “*deslizar en... segs a x:... y:...*”. Luego de ejecutar los comandos *ir a x:-270 y: -8* y *esperar 12 segundos*, mediante el comando *deslizar en 2 segs a x:-40 y:-8*, el muchacho fue llevado en línea recta a la posición $x=-40$, $y=-8$, antes de que exprese “*¡Hola!, bailemos juntos*”. Los valores iguales (-8) para la coordenada y de estos puntos, provocan el movimiento horizontal del personaje.



Figura 2. Implementación de movimiento a un punto de la pantalla.

Un capítulo de los SimpsonTM: trayectoria a lo largo de una poligonal

Una de las simulaciones producida por un grupo muestra una secuencia de la serie televisiva *Los Simpson*, en donde uno de sus personajes principales, Homero, sale de su casa siguiendo la senda que se encuentra frente a ella (ver Figura 3). Este escenario resultó de un proceso de edición, llevada a cabo por las estudiantes, a partir de imágenes obtenidas en Internet, puesto que el software no las traía incorporadas en su librería de escenarios y personajes.



Figura 3. Secuencia de posiciones de Homero Simpson a lo largo de la senda de salida de su casa.

En nuestra exploración acerca de la estrategia empleada por los estudiantes para que el personaje recorra una trayectoria poligonal que siga la forma geométrica de la senda que aparece en la Figura 3, encontramos la definición de dos segmentos de recta (ver Figura 4¹), de extremos $A = (-30, -79)$ y $B = (-22, -109)$ y $B = (-22, -109)$ y $C = (18, -116)$, respectivamente. La secuencia de programación que se ve a la derecha, en la Figura 4, muestra cómo se logró la trayectoria de Homero que se observa en la Figura 3.

¹ Los sistemas de coordenadas cartesianas de las Figuras 4, 6 y 8, y los puntos que se observan en ellos, fueron elaborados por las autoras como parte del proceso de arqueología, tomando la información de las coordenadas que aparecen en los comandos de movimientos respectivos.

De esta manera, el personaje describe un movimiento a lo largo del camino en dos tramos rectos, seguido posteriormente de un movimiento horizontal paralelo al eje de las abscisas del sistema de referencia, definido por el comando “mover 50 pasos”, que llevará al personaje hacia el automóvil.

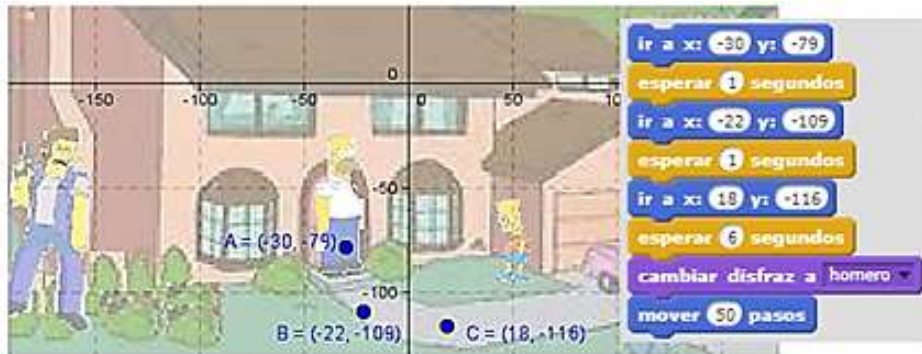


Figura 4. Coordenadas de los puntos de la trayectoria del personaje.

La habilidosa jugadora de básquet: composición de trayectorias

Un grupo de estudiantes diseñó una secuencia de programación para simular el movimiento de una pelota durante un juego de básquet (ver Figura 5).

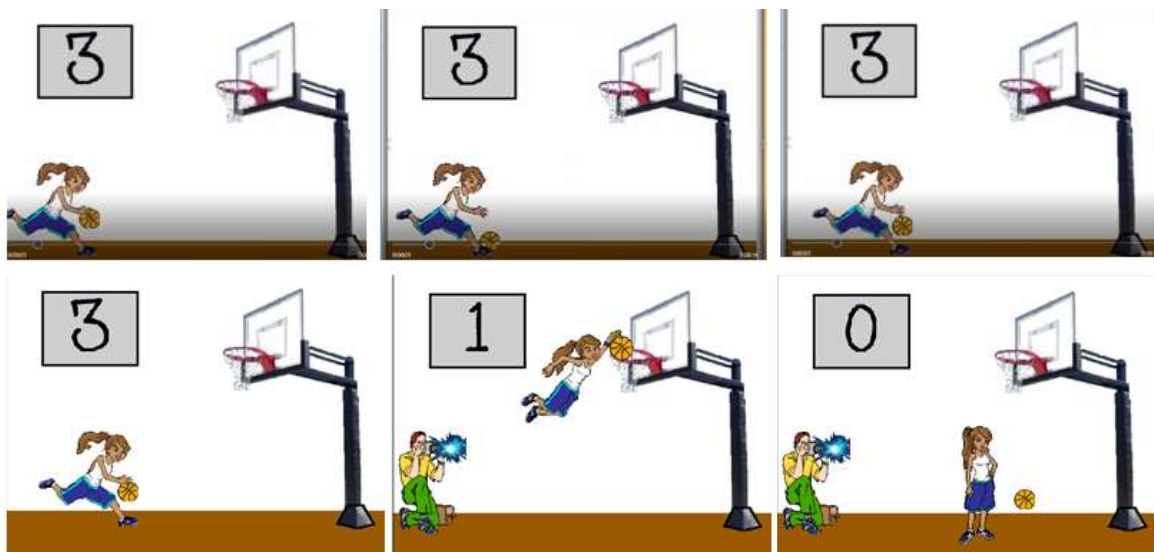


Figura 5. Trayectoria de una pelota de básquet.

Los estudiantes construyeron, para la pelota de básquet, dos instancias distintas de una trayectoria compuesta: una para el “dribbling”, y otra para el rebote en el suelo, posterior al enceste. La Figura 6 muestra, para cada una de estas porciones de la trayectoria, las secuencias de programación creadas y las coordenadas de los puntos definidos por los estudiantes representados en sendos sistemas de coordenadas. En el caso del dribbling (Figura 6 (a)) se definen dos segmentos de recta de extremos $A = (-132, -88)$ y $B = (-102, -129)$ y $B = (-102, -129)$ y $C = (-81, -91)$ que muestran el rebote y avance de la jugadora con la pelota. En la Figura 6 (b) se muestra la secuencia de comandos que producen el movimiento de rebote vertical de la pelota en el suelo luego del enceste. Se observa que la trayectoria vertical se genera al mantener fijo en 83 el valor de la abscisa de cada punto.

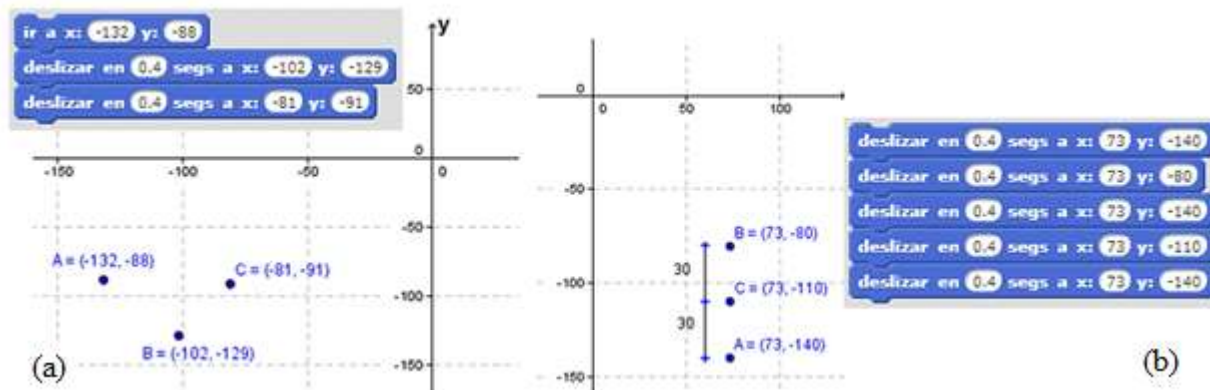


Figura 6. Coordenadas de los puntos de una trayectoria compuesta para una pelota de béisquet.

Persecución de terror en cielo nocturno: trayectoria cuasi-elíptica

En otra de las simulaciones con *Scratch* apareció una bruja que vuela por el cielo nocturno huyendo de un murciélago que la persigue (Figura 7).



Figura 7. Selección de una secuencia de persecución.

La bruja describe varias vueltas en la pantalla, siguiendo en sentido anti horario, una trayectoria cuasi-elíptica definida por una sucesión de puntos. La Figura 8 muestra la secuencia de programación elaborada por los estudiantes para generar la trayectoria de la bruja y la representación, en un sistema de coordenadas cartesianas, de los puntos que pertenecen a su recorrido por la pantalla. En la sucesión de puntos que muestra el sistema de coordenadas de la Figura 8 se aprecia la simetría con respecto a los ejes coordenados que caracterizan a los pares de puntos.

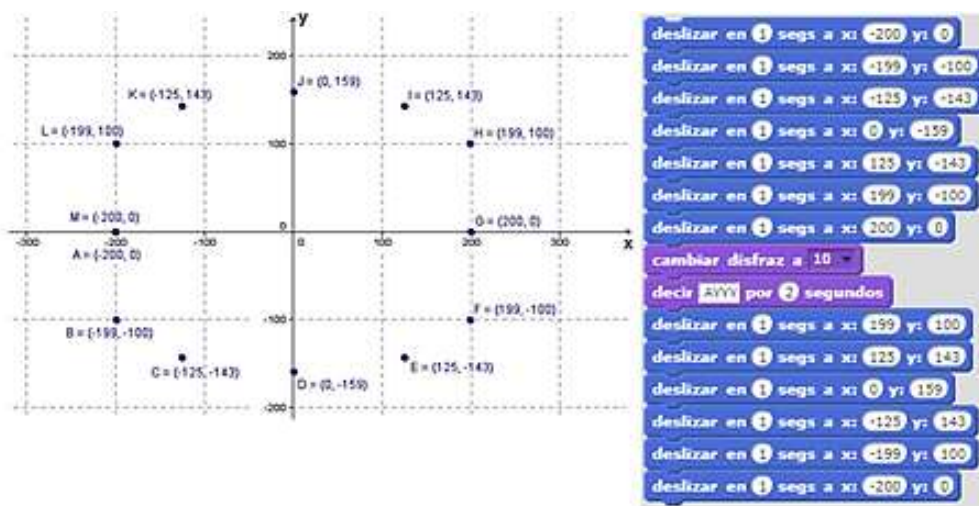


Figura 8. Trayectoria cuasi-elíptica definida por una serie de puntos que pertenecen a ella.

Breve análisis conjunto de las producciones de los estudiantes

El proceso de definir un conjunto de puntos para crear diversas trayectorias resultó facilitado por la posibilidad que brinda *Scratch* de leer, en la misma pantalla, las coordenadas que definen una determinada posición cuando se ubica el mouse sobre tal posición. Esta información, que aparece en la forma $x: \dots y: \dots$, para cada instancia del movimiento de un personaje, fue traducida por los estudiantes en valores para los argumentos en los diferentes comandos de movimiento de programación que utilizaron.

Este simple recurso del software habilitó a que los estudiantes pudieran experimentar con distintas posiciones para sus personajes, según una trayectoria premeditada, y descubrir, tal como lo señalan Ponte y Matos (1992), regularidades, relaciones, semejanzas y diferencias en las coordenadas de los puntos para crear movimientos particulares obteniendo generalizaciones. Por ejemplo, puntos ubicados en una recta paralela al eje de las ordenadas mantienen la misma abscisa y esto permite generar movimientos verticales o, puntos simétricos respecto al eje de las ordenadas (o abscisas), tienen las mismas ordenadas (o abscisas), lo cual es de utilidad para generar trayectorias que muestren simetrías. Estas dos ideas se evidencian en su aplicación repetida y sistemática en la simulación del rebote vertical de la pelota de básquet (Figura 6), en el primer caso, o en la trayectoria semi-elíptica seguida por la bruja (Figura 8), en el segundo caso. Una valoración análoga puede realizarse para trayectorias paralelas al eje de las abscisas, como la del joven de la Figura 2, definiendo puntos de igual ordenada. En el caso de Homero, la posibilidad dada por el software de insertar una imagen particular habilitó la creación de una trayectoria por tramos a lo largo de una senda.

Por otra parte, los comandos de movimiento fueron incluidos en la programación en vínculo con otros que permiten dar mayor realismo a las simulaciones. Por ejemplo, la definición de puntos para el movimiento de la bruja, permitió que sus coordenadas establecieran, a su vez, instancias para el cambio de orientación de la bruja. La Figura 7 muestra cómo el personaje apunta a la derecha o a la izquierda en distintas instancias de su movimiento. Esto es conseguido con el uso del comando “*cambiar disfraz a 10*” que puede distinguirse en el primer bloque de color morado de la Figura 8, luego de que la posición del personaje fuera (200,0), como se muestra en el bloque del comando inmediatamente anterior.

Este tipo de generalizaciones para las características de las coordenadas de puntos del plano no fueron objeto de enseñanza previa a la construcción de las simulaciones con *Scratch*. La fluidez con que los estudiantes llevaron a cabo procesos de traducción de una forma de representación en otra (Ponte et al, 2014) con la herramienta a disposición, evidencia la conformación de colectivos de *estudiantes-con-Scratch* como productores de estas trayectorias particulares. Las traducciones que se evidenciaron en los trabajos de los estudiantes fueron variadas. Por ejemplo, la traducción de una trayectoria imaginada a una colección de puntos en el plano y el uso de las regularidades encontradas en las coordenadas de los puntos al considerar ciertas trayectorias. O la traducción de una colección de puntos que describen un movimiento deseado en argumentos para los comandos de *Scratch* que, siguiendo una secuencia adecuada, permiten reproducir la trayectoria buscada.

Conclusiones

Teniendo en cuenta las características de una *tarea de exploración* según la perspectiva de Ponte et al (2014), podemos afirmar que los resultados presentados proporcionan evidencia de la aplicación de un contenido conocido (el sistema de coordenadas cartesianas y sus elementos)

de manera creativa y en una situación completamente nueva para los estudiantes, apareciendo la matemática como necesidad de responder cuestiones del tipo ¿cómo hago para qué...? La actividad puede reconocerse como una propuesta que brindó autonomía a los estudiantes en la selección del tema a simular, y en la cual no se previó un contenido matemático específico como objeto de enseñanza. Los estudiantes tuvieron que apelar a representaciones conocidas (puntos en el plano definidos por pares ordenados en un sistema de coordenadas cartesianas) y explorar otras nuevas donde fue necesario otro formato de representación para usar los comandos de *Scratch*.

Para finalizar, reconocemos que la tarea propuesta a los estudiantes de construir con *Scratch* una simulación de alguna situación de la realidad, habilitó exploraciones informales con el recurso que permitieron definir trayectorias en el plano a través de conjuntos de pares ordenados (x, y) . Es esperable que la construcción de trayectorias más elaboradas, tales como, circulares, hiperbólicas, parabólicas, sinusoidales, etc., se mantengan fuera del alcance de alumnos jóvenes como los que participaron en esta experiencia. Sin embargo, los ejemplos anteriores demuestran un estudio minucioso del movimiento deseado por los estudiantes para sus personajes, y la traducción del mismo a las coordenadas necesarias para implementar una secuencia de puntos apropiada. Coincidiendo con Papert (1995), estas exploraciones podrían facilitar el acceso futuro a modos más formales de definir trayectorias en el plano, como lo son las expresiones algebraicas que las representan.

Referencias

- Biembengut, M. & Hein, N. (2003). *Modelagem Matemática no Ensino*, San Pablo: Editora Contexto.
- Borba, M., & Villarreal, M. (2005). *Humans-with-media and the re-organisation of mathematical thinking: Information and communication technologies, modelling, experimentation and visualisation*. Nueva York: Springer.
- Maloney, J., Resnick, M., Rusk, N., Silverman, B., & Eastmond, E. (2010). The scratch programming language and environment. *ACM Transaction on Computing Education*, 10(4)
- Maltempi, M. V. & Dalla Vecchia, R. (2013). About mathematical modeling in the reality of the cybernetic world. *Proceedings of the Eighth Congress of European Research in Mathematics Education*, 1097-1106.
- Papert, S. (1995). *La Máquina de los Niños: Replantarse la Educación en la Era de los Ordenadores*. Barcelona: Paidós Ibérica.
- Ponte, J. P. & Matos, J. F. (1992). Cognitive processes and social interaction in mathematical investigations. En J. P. Ponte, J. F. Matos, J. M. Matos & D. Fernandes (Eds.), *Mathematical problem solving and new information technologies: Research in contexts of practice* (pp. 239-254). Berlin: Springer.
- Ponte, J., Branco, N. & Quresma, M. (2014). Exploratory activity in the mathematics classroom. En Y. Li, E. Silver, & S. Li. (Ed.), *Transforming mathematics instruction: Multiple approaches and practices* (pp. 103-125). Dordrecht: Springer.
- Skovsmose, O. (1999). *Hacia una Filosofía de la Educación Matemática Crítica*. Bogotá: Una Empresa Docente
- Villarreal, M. (2012). Tecnologías y educación matemática: necesidad de nuevos abordajes para la enseñanza. *Revista Virtualidad Educación y Ciencia*, 3(5), 73-94.