

ΣΟΦΙΑ—SOPHIA

DOI: <http://dx.doi.org/10.18634/sophiaj.14v.1i.519>

Aprendizaje de las matemáticas con el uso de simulación

Learning Mathematics with the use of Simulation

Aprender Matemática com o uso de Simulação

Jorge Enrique Díaz Pinzón

Magíster en Gestión de la Tecnología Educativa. Especialista en Administración de la Informática Educativa. Ingeniero Agrónomo. Docente titular de Matemáticas I.E. General Santander. Correo electrónico: jorgediaz333@gmail.com, jediazp@unal.edu.co

Información del artículo

Recibido: mayo de 2017

Revisado: agosto de 2017

Aceptado: diciembre de 2017

Cómo citar:

Díaz, J.E. (2018) Aprendizaje de las matemáticas con el uso de simulación. *Sophia* 14 (1); 22-30.



ISSN (electrónico): 2346-0806 ISSN (impreso): 1794-8932

Resumen

Este trabajo de investigación tuvo por objetivo determinar si la aplicación de Simulaciones Phet mejora la enseñanza y el aprendizaje de fracciones equivalentes. Es de tipo experimental - cuantitativa, con grupo control y un grupo experimental (prueba con el simulador Phet). La población de estudio estuvo constituido por 40 estudiantes de octavo grado de educación secundaria de la Institución Educativa General Santander de Soacha-Cundinamarca. Del total de esta población de estudio, el grupo experimental (Reciben el tratamiento) estuvo conformado por 20 estudiantes (11 hombres y 9 mujeres) y el grupo control por 20 estudiantes (10 hombres y 10 mujeres). En este caso la media del Grupo Experimental es estadísticamente mayor que la media del Grupo Control. Es decir, que el rendimiento académico de este grupo mejoró significativamente al utilizar el simulador Phet en la enseñanza de las fracciones equivalentes.

Palabras clave: Estrategia didáctica, fracción equivalente, simulación, tecnologías de la información.

Abstract

This research aimed to determine whether the application of Phet Simulations improves teaching and learning equivalent fractions. This research is experimental - Quantitative, with control group and an experimental group (Try the simulator Phet). The study population consisted of 40 eighth graders of secondary education of School General Santander de Soacha-Cundinamarca. Of the total population of this study, the experimental group (receiving treatment) consisted of 20 students (11 men and 9 women) and the control group by 20 students (10 men and 10 women). In this case the average experimental group is statistically higher than the control group mean. Ie the achievement of this group improved significantly when using the simulator PHET in teaching equivalent fractions.

Key words: Simulation, Information Technology, teaching strategy, equivalent fraction.

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo determinar se a aplicação de Phet Simulações melhora ensino e aprendizagem frações equivalentes. Esta pesquisa é experimental - quantitativa, com o grupo de controle e um grupo experimental (Experimente o simulador Phet). A população do estudo foi composta por 40 alunos da oitava série do ensino secundário da Escola General Santander de Soacha-Cundinamarca. Da população total do estudo, o grupo experimental (recebendo tratamento) consistiu de 20 estudantes (11 homens e 9 mulheres) eo grupo controle por 20 estudantes (10 homens e 10 mulheres). Neste caso, o grupo experimental média é estatisticamente maior do que a média do grupo de controle. Ou seja, a realização deste grupo melhorou significativamente quando se utiliza o PHET simulador em ensinar frações equivalentes.

Palavra-chave: Tecnologia da Informação, estratégia de ensino, fração equivalente.

Introducción

La internet es considerada en la actualidad como uno de los más importantes fenómenos del comienzo del siglo XXI. Su desarrollo, unido al extraordinario progreso en todas las técnicas de comunicación e información, puede ser comparado con el nacimiento de la escritura o de la imprenta.

El desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación relacionadas con la Internet, ha abierto nuevos espacios en el ámbito educativo. El diseño de sitios web que integran múltiples aplicaciones multimedia, está dotando a los docentes en general, de nuevos ambientes de aprendizaje donde predomina la interactividad y el rol del profesor innovador, facilitando al estudiante la construcción de su propio conocimiento.

No obstante, se debe tener en claro que si bien la tecnología educativa es un elemento importante para mejorar los procesos de enseñanza - aprendizaje, esta mejora no depende solamente de la utilización de un software educativo, sino de su adecuada integración curricular, es decir, del entorno educativo diseñado por el docente.

Mediante el uso de simulaciones *Phet* como una ilustración animada, docentes, encontramos que es más fácil comunicarse efectivamente con sus estudiantes. Los *Phet* muestran procesos dinámicos y estos pueden ser lentos abajo, acelerado, o en pausa, dependiendo del concepto que se muestra; lo invisible se hace visible; y múltiples representaciones están vinculados. Por último, los *sims* se ajustan fácilmente por el instructor durante el debate. Estas características hacen a menudo *sims* más eficaces para el aprendizaje y más práctico utilizar los dibujos estáticos o demostraciones en vivo.

Phet está diseñado para ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades de investigación científica mediante la exploración de las relaciones de causa y efecto. Los instructores pueden facilitar la consulta de toda la clase mediante la creación de un escenario en la simulación, y pidiendo a los estudiantes que predigan el efecto de variables manipulando. En estos salones de clase, los alumnos a menudo de forma espontánea preguntan más, y formulan preguntas profundas. Es común que ellos pidan una serie de “qué pasaría si” preguntas y dirigir el uso de la tarjeta sim de los profesores.

Simulaciones *Phet* permiten tareas, así como utilizar un enfoque de investigación guiada donde los estudiantes

participan en la exploración-científico como, una dirección que normalmente podría requerir un instructor presente para facilitar el progreso de los estudiantes.

¿Cómo funciona esto? La simulación está diseñada para dar señales a los estudiantes a explorar de manera productiva mediante el uso de implícita (en contraposición a explícito) guía – con la elección de los controles, las representaciones visuales, y la retroalimentación inmediata proporcionada por cambios visuales. Este enfoque permite que las tareas sean menos dirigidas y utilizar más conceptualmente preguntas abiertas.

Ahora los simuladores:

Son objetos de aprendizaje que mediante un programa de software, intentan modelar parte de una réplica de los fenómenos de la realidad y su propósito es que el usuario construya conocimiento a partir del trabajo exploratorio, la inferencia y el aprendizaje por descubrimiento (Peña y Alemán, 2013).

Según Fatela: “Los simuladores digitales son aplicaciones interactivas que simulan situaciones de experimentos físicos reales o que ilustran temas matemáticos” (Fatela, 2012:1). Los simuladores son programas que representan un modelo o entorno dinámico y en que a través de gráficos o animaciones facilitan al estudiante la visión de lo que ocurre en el entorno que se está simulando, de forma que modificando de manera interactiva las características del entorno puede comprender mejor lo que sucede en el entorno que está intentando conocer. Dada la actualización de la tecnología, siempre debemos estar en busca de nuevos simuladores que sean más efectivos e interesantes. (Ortega, 2001).

Esto en consonancia con Bagur:

En lo personal, creo que para que estos simuladores tengan todo el éxito que pueden lograr es necesario, primero, que el docente identifique muy bien los elementos del tema a enseñar; que trate el tema por medio de algunos ejemplos y luego use a los simuladores como medios de práctica o evaluación. (Bagur, 2011:2).

Los simuladores matemáticos ofrecen variedades de temas en esta área del conocimiento, contienen una explicación muy didáctica, divertida, entretenida y sobre todo con la mayor claridad posible, con muchos ejemplos de aplicación a la vida cotidiana para que el usuario le saque el mejor provecho a este tipo de herramientas que abundan en internet. (Duran, 2012).

De acuerdo con Muñoz: “Es una página de gran valor didáctico con muy entretenidas e interactivas simulaciones gratuitas apoyados en investigaciones del proyecto PhET de la Universidad de Colorado” (Muñoz, 2012:1).

Además agrega que “Inicialmente el proyecto se centró en simulaciones de Física y fue nombrado como Physics Education Technology Project, o PhET. Cuando lanzaron simulaciones de química, biología, ciencias de la tierra, matemáticas y otras áreas, decidieron mantener el nombre de PhET.” (Muñoz, 2012:1).

Dado la importancia de la utilización de simuladores como herramienta de aprendizaje varios autores mencionan lo siguiente: Galicia (2005) en su tesis: “Las aulas virtuales en el proceso enseñanza aprendizaje en el nivel medio, ciclo básico, sector privado del área urbana del municipio de Jalapa” de la Facultad de Humanidades de la Universidad de San Carlos de Guatemala, destaca el progreso de la ciencia y la tecnología y el uso del computador como una herramienta necesaria en todos los ámbitos sociales.

Su objetivo fue establecer la importancia de las aulas virtuales en el proceso de enseñanza. La muestra fue un total de trescientos diecisiete sujetos que corresponden al treinta por ciento (30 %) de la población de estudiantes, y a cincuenta (50) docentes que corresponden al 30 % de los centros educativos del nivel medio, ciclo básico, sector privado del área urbana del municipio de Jalapa, departamento de Jalapa. Como instrumentos se utilizaron 2 cuestionarios de 10 preguntas cada uno, en el cual concluye que los estudiantes y docentes están conscientes que la tecnología es útil para crear un aula virtual y mejorar métodos, solucionar problemas o necesidades en el proceso enseñanza aprendizaje y lograr de esta forma una educación de calidad. Recomienda profesionalizar a los docentes para que adquieran conocimientos sobre el uso y funcionamiento de aulas virtuales, y así mejorar los métodos y técnicas empleados en el proceso enseñanza aprendizaje. (Galicia citado por Méndez, 2014).

Añade (Arbeláez,2010) en su tesis: “Mundos virtuales para la educación en salud simulación y aprendizaje en Open Simulator, en la Universidad de Caldas, Manizales, Colombia”, que el uso de simulación y de videojuegos se ha transferido con fuerza en la industria, prácticas militares y medicina, generando en los últimos años en una poderosa herramienta de formación, en lo relacionado con la medicina se han desarrollado simuladores de equipos y dispositivos de procedimientos de alto riesgo y simuladores

para fortificar procesos educativos en la salud, estas instrucciones se han introducido a otras áreas como lo es la educación.

De igual forma (Pósito, 2012) menciona que los modernos avances tecnológicos actuales han logrado grandes impactos en la educación, ampliando los escenarios educativos, brindando medios de comunicación y soporte de materiales para proporcionar la interacción entre las personas. Se planteó el objetivo de ofrecer soluciones tecnológicas y pedagógicas al problema del diseño de habilidades de aprendizaje para aprender Ciencias Naturales en los nuevos contextos educativos.

Contribuye (García, 2012) en la tesis: “Promover en el aula estrategias de aprendizaje para elevar el nivel escolar de los estudiantes de tercero primaria en el área de Matemática de la Facultad de Humanidades de la Universidad Rafael Landívar, Guatemala”, al cavilar sobre las insuficiencias en el aprendizaje de las matemáticas por diferentes factores y despunta la importancia de utilizar estrategias de aprendizaje para perfeccionar el nivel académico del estudiante.

Materiales y métodos

La metodología utilizada en el estudio es de tipo experimental - cuantitativa, con grupo control y un grupo experimental (prueba con el simulador Phet). La población de estudio estuvo constituido por 40 estudiantes de octavo grado de educación secundaria de la Institución Educativa General Santander de Soacha-Cundinamarca. El componente de innovación es el tecnológico, como un medio que proyecte un mejor aprendizaje en los estudiantes.

El proyecto se realizó mediante un tipo de investigación experimental de pilotaje, con una asignación aleatoria de un grupo de estudio, además, debe contener un grupo de control, siempre que sea posible. Un diseño cuantitativo solo debe manejar una variable a la vez, de lo contrario, el análisis estadístico puede ser muy complejo y dispuesto a interrogantes.

Una de las particularidades de esta metodología es que nos permite asumir el rol de investigadores y docentes, de esta manera se podrá variar y tomar decisiones en los experimentos prescritos. La segunda característica es de intervención, pues propusimos mejorar el aprendizaje de los elementos de la función cuadrática, a través de prácticas de simulación de situaciones-problema mediadas por el *Phet*, buscando que el estudiante haga uso de las diversas representaciones de esta herramienta matemática.

Población

Este proyecto se centró en estudiantes de la jornada de la tarde, específicamente con estudiantes grado 801 cuyas edades oscilan entre los 12 y 15 años. La muestra estuvo representada por 40 estudiantes del grado octavo.

Muestreo aleatorio simple

Cada uno de los elementos de la muestra, se seleccionó aleatoriamente uno por uno. Se realizó un sorteo con 20 papeletas que digan Grupo Experimental y 20 que digan Grupo Control y se sacaron uno a uno tantos como indique el tamaño de la muestra, en este caso 40.

Hipótesis

La hipótesis de investigación se diseñó como una relación causal y se enuncia de la siguiente forma:

Hipótesis alterna (Ha): La aplicación del uso de simulaciones Phet mejora el promedio de calificaciones con el tema de fracciones equivalentes en los estudiantes del grado octavo.

Hipótesis nula (Ho): La aplicación del uso de simulaciones Phet no mejora el promedio de calificaciones con el tema de fracciones equivalentes en los estudiantes del grado octavo.

Prueba estadística: El valor de significancia de la prueba es de $\alpha = 0.05$ (5%), si es mayor se acepta la hipótesis nula, si es menor se rechaza la hipótesis nula. Para una variable aleatoria (numérica), se aplicará la prueba t de *Student*, para diferencia de medias en muestras independientes. Es una prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto de sus medias. Se utilizará el software SPSS v 23.0.

Resultados

Interpretación de los resultados

Normalidad: Se debe corroborar que la variable aleatoria en ambos grupos se distribuye normalmente. Para ello

Tabla 1. Resultados prueba escrita grupo control

Estudiante	Calificación
1	7
2	8
3	10
4	10
5	8
6	8
7	10
8	9
9	9
10	9
11	10
12	7
13	9
14	8
15	10
16	5
17	9
18	9
19	10
20	8

Tabla 2. Resultados prueba virtual grupo experimental.

Estudiante	Calificación
1	9,1
2	9,1
3	10
4	10
5	10
6	9,1
7	10
8	10
9	10
10	10
11	10
12	9,1
13	10
14	10
15	10
16	10
17	8,3
18	10
19	9,1
20	10

se utiliza la prueba de Kolmogorov-Smirnov, cuando las muestras son grandes (> de 30 individuos) o la prueba de Chapiro Wilk cuando el tamaño de la muestra es (< de 30 individuos). El criterio para evaluar si la (VA) se distribuye normalmente es:

P- valor $\Rightarrow \alpha$ Aceptar H_0 = Los datos provienen de una distribución normal.

P- Valor $< \alpha$ Aceptar H_1 = Los datos **NO** provienen de una distribución normal.

Igualdad de varianza (Prueba de Levene). Se debe corroborar la igualdad de varianza entre los grupos.

P- valor $\Rightarrow \alpha$ Aceptar H_0 = Las varianzas son iguales.

P- Valor $< \alpha$ Aceptar H_a = Existe diferencia significativa entre las varianzas.

Calcular el p-valor de la prueba: t *student* muestras independientes.

Criterio para determinar la normalidad:

P- valor $\Rightarrow \alpha$ Aceptar H_0 = Los datos provienen de una distribución normal.

P- Valor $< \alpha$ Aceptar H_a = Los datos **NO** provienen de una distribución normal.

Fuente: el autor

Tabla 3. Pruebas de normalidad

	Grupo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Calificación	Experimental	,427	20	,000	,634	20	,000
	Control	,180	20	,089	,879	20	,017

Tabla 4. Normalidad calificaciones

Normalidad calificaciones		
P-Valor (EXP) =	0,00	< $\alpha = 0.05$
P-Valor (CONTROL) =	0,89	< $\alpha = 0.05$
CONCLUSIÓN:		
La variable Calificación NO se comporta Normalmente en ambos grupos.		

Al no comportarse normalmente la variable calificación, se procedió a realizar la prueba de Anderson-Darling:

Es utilizada para probar si un conjunto de datos muestrales provienen de una población con una distribución de probabilidad continua específica (por lo general la distribución normal). La prueba de Anderson-Darling se basa en la comparación de la distribución de probabilidades acumulada empírica (resultado de los datos) con la distribución de probabilidades acumulada teórica (definida en H_0). (López, 2011:2).

El valor estadístico ($A^2 = -81,96$) es menor al valor crítico ($A^2 \text{ Critico} = 0.752$), por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula. De allí que los datos observados tienen una naturaleza de distribución normal.

Igualdad de varianza

Prueba de Levene: **P- valor** $= > \alpha$ Aceptar H_0 = Las varianzas son iguales. **P- Valor** $< \alpha$ Aceptar H_a = Existe diferencia significativa entre las varianzas.

Tabla 5. Prueba T *Student*, muestras independientes

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias			
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	
Calificación	Se asumen varianzas iguales	13,586	,001	3,515	38	,001
	No se asumen varianzas iguales			3,515	24,346	,002

Fuente: el autor

Tabla 6. Igualdad de Varianza

Igualdad de varianza			
P-Valor =	0,001	<	$\alpha = 0.05$
Conclusión: Se acepta H_a , Existe diferencia significativa entre las varianzas			

Fuente: el autor

Tabla 7. PRUEBA T STUDENT (Decisión Estadística)

Prueba t student		
P-Valor =	0,01	$\alpha = 0.05$
Conclusión: Existe una diferencia significativa entre la media de calificaciones del grupo experimental y la media de calificaciones del grupo control.		

Fuente: el autor

El criterio para decidir es:

Si la probabilidad obtenida de P-Valor $\leq \alpha$, Rechazo H_0 (Se acepta H_a).

Si la probabilidad obtenida de P-Valor $> \alpha$, No rechazo H_0 (Se acepta H_0).

Discusión de resultados

Contribuir al mejoramiento del aprendizaje de los conceptos fundamentales de las matemáticas, en este caso las fracciones equivalentes, mediante la innovación pedagógica es una labor de los docentes que imparten esta área de conocimiento, con el propósito de obtener los mejores resultados y motivar a los estudiantes, por tanto, es relevante conocer estrategias y herramientas que acompañen el aprendizaje de las matemáticas.

En la presente investigación se logró identificar que el simulador Phet aplicable a las fracciones equivalentes y dadas las características de su uso en línea o descargarla al computador, ofrece una simulación gratuita e interactiva.

El simulador aplicado en la presente investigación se encuentra en el área de simulaciones de matemáticas, simuladores de fraccionarios, del sitio web <https://phet.colorado.edu/es/simulation/fraction-matcher>. Los cambios que se evidencian en la actualidad, abarcan prácticamente todas las actividades humanas, desde lo político, económico, social y ciertamente la educación. Este contexto variable interviene en la forma y estilo de vida de los individuos que conforman la sociedad, y de manera especial a los jóvenes y adolescentes.

Una de las alternativas que existen en la actualidad es la utilización de la tecnología que ofrece una gama de herramientas para disímiles actividades de la vida diaria. Las cuales facilitan una serie de medios que se pueden valer para el trabajo docente y como estrategia de enseñanza- aprendizaje para el estudiante.

El presente estudio estableció la incidencia del uso del simulador *Phet* en el aprendizaje de las fracciones equivalentes de los estudiantes de octavo grado de Bachillerato en matemáticas de la Institución Educativa General Santander del municipio de Soacha-Cundinamarca. Arbeláez (2010) menciona que la utilización de simulación y de videojuegos se ha transformado en los últimos años en una poderosa herramienta de formación, lo complementa Aguirre (2012) cuando explica que la simulación se ha generalizado en los últimos 20 años en la formación

de los estudiantes del mundo, debido a la necesidad que tienen los docentes de utilizar esta herramienta didáctica.

En esta investigación se trabajó específicamente en el simulador *Phet* en lenguaje Java aplicables a las fracciones equivalentes. De los resultados de esta investigación se puede aseverar que el uso del simulador Java incide en el aprendizaje de las fracciones equivalentes, se puede observar la diferencia significativa entre los datos estadísticos del grupo control y del experimental, como resultado de la incidencia en uso de simuladores en el desarrollo de la unidad didáctica entre ambos grupos. La nota promedio fue 8.65 en el grupo control y del experimental 9,19. En este caso la media del segundo es estadísticamente mayor que la media del grupo control.

Arias (2009) resalta que la simulación puede utilizarse como un recurso para la formación de nuevos conceptos, como para la adquisición de nuevos conocimientos, destrezas, estrategias y comportamiento. Otro estudio realizado por (Méndez, 2014) afirma: “El uso de simuladores Java mejora el aprendizaje del teorema del trabajo-energía entre el pre-test y pos-test de los estudiantes de cuarto bachillerato”(Méndez, 2014:58).

Pérez subraya: “Los simuladores en la educación son una herramienta muy útil de aprendizaje. Facilitan al alumno y profesor el desarrollo del conocimiento con alto grado de autonomía, comprensión de situaciones reales.” (Pérez, 2011:5).

El aplicativo *Phet* como herramienta virtual de aprendizaje en el grupo experimental, favoreció una nueva forma de aprendizaje para estudiantes de grado octavo de la I.E. General Santander de Soacha-Cundinamarca.

Conclusiones

La metodología apoyada en la realización de trabajos de investigación con el uso de simuladores, fomenta la evolución de las afirmaciones científicas del estudiante hacia un bosquejo más colindante al pensamiento científico.

A partir del análisis estadístico de los datos aplicando la prueba *t student*, se puede observar que hay evidencia para rechazar la hipótesis nula, por tanto, las medias son significativamente diferentes. En este caso la media del grupo experimental es estadísticamente mayor que la media del control.

Al implementar un objeto virtual de aprendizaje (OVA) en la enseñanza de las matemáticas por medio de simulación *Phet* se evidenció una motivación por parte de los estudiantes que de acuerdo con los antecedentes que se tenían no habían tenido la oportunidad de interactuar con la tecnología dentro de una aula de una manera más dinámica en asignaturas diferentes a tecnología e informática y al aplicar este concepto a las clases de matemáticas, se evidenció en los resultados obtenidos por el grupo experimental una vez finalizada la fase de aplicación del OVA.

Es importante mencionar la importancia que tiene el talento del objeto virtual de aprendizaje y la forma en la que está elaborado, ya que si no es interesante no será impactante para los estudiantes que son cada vez más visuales en el ámbito educativo.

Las tecnologías de información y comunicación (TIC) favorecen una nueva forma de enseñanza - aprendizaje, en donde se generan espacios virtuales que facilitan interacciones entre docentes y estudiantes para mejorar y desarrollar los procesos educativos en cualquier ámbito.

La aplicación del simulador *Phet* permitió un aprendizaje activo, participativo, característico, acrecentando el nivel de participación del estudiante, cumplimiento de tareas y actividades y el interés por el tema de estudio, lo cual quedó demostrado.

Los estudiantes de octavo grado sostienen mayoritariamente opiniones propicias a la realización de actividades de investigación con ayuda de simuladores.

Agradecimientos

A la I.E. General Santander por el apoyo dado en la presentación de este trabajo de investigación.

Referencias bibliográficas

Arias, L. (2009). *La simulación computarizada en el proceso de enseñanza aprendizaje de electrónica*. Argentina: El Cid Editor.

Bagur, A. (2011). Matemáticas para todos. *Revista Educación y Desarrollo* 12, 106. p 4.

Duran, E. (2012). *Red de tecnología Educativa*. Recuperado de: <http://reddetecnologiaeducativa.bligoo.com.co/aprendiendo-matematicas-con-la-ayuda-de-simuladores>.

Fatela, M.(2012).*Simuladores*. Recuperado de: <http://www.fatela.com.ar/PaginasWeb/simuladores.htm>.

Galicia, A. (2005). Las aulas virtuales en el proceso enseñanza aprendizaje en el nivel medio, ciclo básico, sector privado (Tesis de Licenciatura). Facultad de Humanidades, Universidad San Carlos de Guatemala: Guatemala.

López, A. (2011). Prueba de normalidad. Recuperado de <http://es.slideshare.net/leugimxw/pruebas-de-normalidad-prueba-de-anderson-darling>.

Méndez, E. (2014). Simuladores java y aprendizaje del teorema trabajo-energía. (Tesis de Licenciatura). Muñoz, F. (2012). Simulaciones Phet para aprender Ciencias. *Revista Digital Buenas Prácticas 2.0*. N° 4 / Febrero 2013.

Ortega, M. (2001). Sistemas de interacción persona-computador. Castilla-La Mancha: Ediciones de la Universidad Castilla-La Mancha.

Pósito, R. (2012). El problema de enseñar y aprender ciencias naturales en los nuevos ambientes educativos (Tesis de Magister).

Pérez, C. (2011). Fisim: simulador físico –matemático integrado a la plataforma de gestión del aprendizaje zera.

Peña, P y Alemán, A. (2013). Teoría de simuladores. Universidad de Córdoba.