

Uso de dispositivos robóticos en la enseñanza de las matemáticas^{*1}

Using robotic devices for math teaching

Dispositivos robóticos em ensino da matemática

**EUCLIDES MURCIA LONDOÑO², JUAN CARLOS HENAO LÓPEZ³,
JUAN PABLO ARENAS GONZÁLEZ⁴**

Recibo: 20.09.2016 – Aprobación: 23.05.2017

Resumen: *En el sistema educativo colombiano la brecha existente entre las instituciones de educación públicas y privadas, en torno a la formación de procesos de pensamiento matemático estructurado en estudiantes de básica y media, puede reducirse si se motivan aprendizajes hacia el desarrollo de pensamiento lógico-matemático dentro la estructura propuesta por el Ministerio de Educación Nacional, como lo evidencian los resultados en las pruebas censales nacionales e internacionales (Saber y PISA). Para mejorar los procesos de aprendizaje, se exploran algunas integraciones curriculares mediadas por Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), con el propósito de generar didácticas propositivas para que los niños y jóvenes desarrollen por ellos mismos un pensamiento estructurado según su nivel de formación. El presente documento muestra una parte de la*

* **Modelo para la citación de este artículo / Template for citation of this article / Modelo para a citação deste artigo:**

MURCIA LONDOÑO, Euclides, HENAO LÓPEZ, Juan Carlos & ARENAS GONZÁLEZ, Juan Pablo (2017). Uso de dispositivos robóticos en la enseñanza de las matemáticas. En: Ventana Informática No. 36 (ene-jun). Manizales (Colombia): Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. p. 131-144. ISSN: 0123-9678

1 Artículo de reflexión / Reflection article / Artigo de reflexão

Proyecto / Project / Projeto: Didáctica para potenciar el pensamiento matemático mediante el uso de dispositivos LEGO / Didactics to promote mathematical thinking through the use of LEGO devices / Didático para melhorar o pensamento matemático usando dispositivos LEGO

Periodo / Period / Período: 01.2015–06.2016

Institución / Institution / Instituição: Universidad Católica de Pereira (Pereira, Risaralda, Colombia).

2 Magíster en Enseñanza de la Matemática / Master in Mathematics Teaching / Mestrado em Ensino da Matemática. Docente Investigador / Professor and researcher / Professor e Pesquisador, Universidad Católica de Pereira (Pereira, Risaralda, Colombia). euclidesmurcia@yahoo.es - <http://orcid.org/0000-0001-9069-519X>

3 Magíster en Informática Educativa / Master in Educational Informatics / Mestrado em Educação Computer. Docente Investigador / Professor and researcher / Professor e Pesquisador, Universidad Católica de Pereira (Pereira, Risaralda, Colombia). juan.henao@ucp.edu.co

4 Estudiante de pregrado en Psicología / Undergraduate student in Psychology / Estudante de graduação em Psicologia, Universidad Católica de Pereira (Pereira, Risaralda, Colombia). jpag6686@hotmail.com

estrategia desarrollada y de forma específica el uso de dispositivos robóticos programables, como herramienta para este desarrollo.

Palabras claves: *Robótica, Competencias, Pensamiento lógico y matemático, TIC.*

Abstract: *In the Colombian educational system, the divide between public and private education institutions around the formation of structured mathematical thinking processes in primary and secondary students can be reduced they learnings are motivated towards the development of logical-mathematic thinking within the structure proposed by the Ministry of National Education, as evidenced by the results in national and international census tests (Saber and PISA). To improve the learning processes, some curricular integrations mediated by Information and Communication Technologies (ICT) are explored, with the purpose of generating didactic proposals so that children and young people can develop structured thinking according to their level of education. This document shows a part of the strategy developed and specifically the use of programmable robotic devices as a tool for this development.*

Keywords: *Robotics, skills, logical and mathematical thinking, ICT*

Resumo: *No sistema educativo colombiano a lacuna entre as instituições de ensino público e privado, sobre os processos de formação de estudantes matemáticos de pensamento estruturado de primário e secundário, pode ser reduzido se o aprendizado para o desenvolvimento do pensamento lógico-matemático motivado dentro da estrutura proposta pelo Ministério da Educação, como evidenciado pelos resultados nos testes de censo nacionais e internacionais (Conhecimento e PISA). Para melhorar o processo de aprendizagem, algumas integrações curriculares mediadas por tecnologias de comunicação, informação e, a fim de gerar ensino proposicional para as crianças e os jovens a desenvolver-se uma formação estruturada de acordo com seu nível de pensamento são exploradas. Este documento mostra uma parte da estratégia desenvolvida e especificamente a utilização de dispositivos robóticos programáveis como uma ferramenta para este desenvolvimento.*

Palavras-chave: *Robótica, habilidades, raciocínio lógico-matemático, TIC.*

Introducción

Los resultados de pruebas censales internas y externas de estudiantes de básica primaria, secundaria y media en Colombia, muestran un bajo nivel de desarrollo cognitivo si se compara con los resultados de otros países y aunque las razones que sustenta este hecho son muchas, se ha prestado especial atención a los procesos de enseñanza y aprendizaje; en este sentido, el grupo de investigación GEMA de la Universidad Católica de Pereira (Colombia) de forma interdisciplinar con docentes de aula del municipio, vienen desarrollando más que una búsqueda de explicaciones de este fenómeno, una estrategia metodológica que apunte hacia el mejoramiento continuo tanto de las prácticas docente como de procesos de pensamiento en los estudiantes.

La investigación inicia con la pregunta sobre qué es lo que se debe mejorar siendo necesaria la objetivización –la materialización a fin de que sea observable, trazable y medible– llegando al consenso que *«las competencias no son un concepto abstracto: se trata de las actuaciones que tienen las personas para resolver problemas integrales del contexto, con ética, idoneidad, apropiación del conocimiento y puesta en acción de las habilidades necesarias»* (Tobón, Pimienta & García, 2011, 8).

Y esta no es una búsqueda de naturaleza local sino más bien una política de Estado que viene desarrollándose desde los últimos tres gobiernos por lo menos, ya que *«mejorar la cantidad y la calidad de la educación es uno de los desafíos fundamentales que enfrenta Colombia en su propósito de acelerar el crecimiento económico y ofrecer mayores posibilidades de bienestar a toda la población»* (Delgado, 2014, 2).

Existen amplia literatura y líneas de investigación en Educación en Ciencias Básicas que lideran propuestas pedagógicas y didácticas, soportadas en el hecho que según explican Henao & Barrera (2013) hablando sobre las Tecnologías de la Información y la Comunicación asumen: *«entendiendo que el individuo ya no es ni la fuente ni el cúmulo de conocimientos pues éste se construye de forma colaborativa»* (Henao & Barrera, 2013, 12); las cuales buscan motivar al estudiante para que aprenda a aprender independientemente de la disciplina del conocimiento –incluyendo las matemáticas–, y así adquiera las competencias que demanda la sociedad niveles de desempeño.

Ahora bien, dado que se habla de la sociedad de la información, se hace necesario involucrar en la escuela, prácticas mediadas por TIC, superando la brecha digital generacional entre docentes y alumnos tal como lo exponen Coppari et al. (2011, 9) y así lograr impactos positivos

donde el estudiante se vea inmerso en contextos familiares y atractivos, que articulen a su vez los procesos de planeación, dosificación, evaluación y uso de recursos complementarios en los maestros para la lograr una comprensión de saberes y conocimientos y la recuperación de la capacidad de asombro⁵.

Para esto, la investigación realizada tiene varias líneas paralelas o componentes: administrativo regulatorio colombiano, curricular metodológico, curricular pedagógico y curricular tecnológico, donde este último tiene dos subprocesos complementarios: - aprendizaje mediado en plataforma y haciendo uso de recursos hipermediales y - aprendizaje mediado por dispositivos robóticos, objeto central del presente artículo.

«Diversas experiencias de aprendizaje a través de la robótica demuestran que su uso genera un puente entre la motivación extrínseca e intrínseca que involucra al estudiante dentro del proceso; un aspecto importante es que las capacidades representativas del sujeto permiten estimar un número de posibles estados del robot, anticiparse a los resultados y seleccionar las acciones en donde se obtengan recompensas acordes a su motivación intrínseca» (González, Páez & Roldán, 2013, 49).

El campo de observación, pruebas e implementación fueron grupos de un grado de primaria y uno de secundaria en comunidades vulnerables de dos colegios del municipio de Pereira; la herramienta utilizada fueron robots *LEGO MindStorms*, debido a su tecnología escalable, bajo costo, la facilidad que tienen para armarse/desarmarse, al igual que su programación orientada a objetos incluso para niños desde siete años de edad.

1. El estado la educación básica y media en Colombia vista desde las pruebas censales

Con el advenimiento de las tecnologías y la masificación de las mismas, se transforman y crean paradigmas culturales que, desde luego, inciden en el replanteamiento de paradigmas en la educación.

⁵ Aspecto de profundo interés si se pretende lograr la transformación de las prácticas educativas de todos los agentes partícipes en ellas, por lo que Dobles (2014, 293), la muestra como «esa posibilidad de maravillarse y descubrir en las distintas realidades los elementos necesarios para iniciar un proceso de enseñanza aprendizaje que no limite e induzca el proceso creativo de la niñez y la juventud, sino todo lo contrario, que permita crecer desde la creatividad que un entorno distinto provee en tanto conocimientos propios y visión de mundo».

«Vivimos tiempos de grandes transformaciones tecnológicas que modifican de manera profunda las relaciones humanas. El acceso y generación de conocimiento pasan a ser los motores del desarrollo. Las nuevas formas de conectividad están en el corazón de procesos de cambio en las esferas económicas, políticas y culturales que han dado lugar a lo que se denomina “globalización”. (...) La tecnología digital se hace presente en todas las áreas de actividad y colabora con los cambios que se producen en el trabajo, la familia y la educación, entre otros» (Unesco, 2013, 14).

Colombia no es ajena a la situación donde las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad se complejizan, demandando una comprensión profunda del contexto, incluido el educativo... *«aún parece existir una fuerte demarcación entre ciencia, tecnología y sociedad, razón por la cual la educación cobra importancia no solo porque la educación es un dispositivo de democratización de los bienes de la cultura (...), sino porque simultáneamente es un ámbito de socialización para las nuevas generaciones en sociedad» (Rueda & Franco, 2014, 296).*

1.1 Sobre las pruebas Saber

Las pruebas Saber⁶ es un mecanismo del estado colombiano, diseñado para hacer seguimiento a procesos formativos de la educación básica primaria, media y secundaria, cuyo *propósito principal es contribuir al mejoramiento de la calidad de la educación* (MEN, 2010).

«Los resultados de estas evaluaciones y el análisis de los factores asociados que inciden en los desempeños de los estudiantes, permiten que los establecimientos educativos, las secretarías de educación, el Ministerio de Educación Nacional y la sociedad en general identifiquen las destrezas, habilidades y valores que los estudiantes colombianos desarrollan durante la trayectoria escolar, independientemente de su procedencia, condiciones sociales, económicas y culturales, con lo cual, se puedan definir planes de mejoramiento en sus respectivos ámbitos de actuación» (MEN, 2010).

La investigación delimita su campo de acción a las matemáticas (específicamente los tres tipos de pensamiento matemático definidos

⁶ Saber 3°, 5° y 9° es un conjunto de pruebas censales del Estado colombiano en las áreas de las matemáticas, las ciencias naturales y las competencias ciudadanas –ciencias sociales–, entre otras. Además, existe la prueba Saber 11°, dirigida a estudiantes que están por finalizar la educación media.

en los estándares de competencia) y para ubicarse en contexto y medir el avance en los procesos de pensamiento de los estudiantes, se toman como indicadores los resultados en estas pruebas.

La Figura 1, ilustra los desempeños alcanzados Pruebas Saber en matemáticas para el grado noveno durante los últimos años, donde la mayoría de los estudiantes apenas si alcanzan niveles de desempeño mínimos y que esta tendencia se ha mantenido constante en los últimos años, con excepción tal vez del 2016 donde hubo una leve mejoría. Si se revisan las demás áreas para los diferentes niveles, se encuentra un comportamiento muy similar.

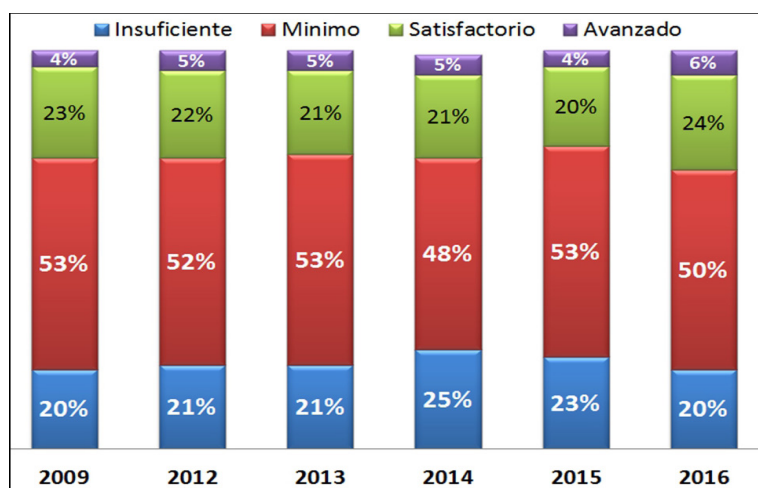


Figura 1. Resultados de las Pruebas Saber, grado noveno (ICFES, 2016)

En torno a estos resultados, Orjuela (2012, 169) señala: «*En los colegios públicos, el factor no académico que más influye en los resultados de las pruebas de Estado es el índice de nivel socioeconómico del estudiante, mientras que en los colegios privados pesa más el nivel socioeconómico del colegio*», conclusión que lleva al equipo investigador a delimitar la población de estudio a comunidades educativas del sector público en zonas marginales y vulnerables del municipio de Pereira, donde su nivel socio-económico es determinante en los resultados.

1.2 Sobre las Pruebas PISA

Un referente internacional que pretende medir la calidad de la educación en varios países es la denominada prueba PISA⁷, la cual evalúa las

⁷ «El nombre PISA corresponde con las siglas del programa según se enuncia en inglés: Programme for International Student Assessment, es decir, Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos. Se trata de un proyecto de

competencias de los estudiantes en matemáticas, lectura y ciencias naturales con periodicidad de tres años (Casas, 2013, 5). En el 2012, Colombia ocupa el puesto 62 entre 65 países como lo señala EFE/El Tiempo (2014). La Tabla 1 presenta las puntuaciones medias obtenidas por varios países en PISA 2012 y 2015.

Tabla 1. Puntuación media en PISA 2012 y 2015 (Construida a partir de OCDE, 2014, 5 y OCDE, 2016, 5)

País	Matemática		Lectura		Ciencia	
	PISA 2012	PISA 2015	PISA 2012	PISA 2015	PISA 2012	PISA 2015
Brasil	391	377	410	407	405	401
Chile	423	423	441	459	445	447
Colombia	376	390	403	425	399	416
Costa Rica	407	400	441	427	429	420
México	413	390	424	425	415	416
Perú	368	387	384	398	373	397
Uruguay	409	418	411	437	416	435
OCDE	494	490	496	493	501	493

Con respecto al 2012, Colombia tuvo una leve mejoría, pero sigue estando muy lejos de altos estándares en el marco de la propuesta de las pruebas PISA, que conlleva por parte del Estado, y las instituciones educativas, el replanteo de la naturaleza del ejercicio pedagógico y el alcance de los mismos en las estructuras cognitivas de los estudiantes.

2. Marco general de la investigación

2.1 Componentes de la investigación

La propuesta investigativa y de implementación se desarrolla a través de cuatro componentes: regulatorio institucional, curricular metodológico, curricular pedagógico y tecnológico. En la Figura 2 (que corresponde a una interpretación general del marco en el cual se desenvuelve la investigación – implementación, sirviendo como aproximación al mismo) se categorizan los diferentes elementos de la investigación con una estructura en tres momentos, uno disciplinar, otro metodológico y finalmente el tecnológico.

la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), cuyo objetivo es evaluar la formación de los alumnos cuando llegan al final de la etapa de enseñanza obligatoria, hacia los 15 años» (OCDE, s.f., 3).

2.1.1 Componente disciplinar. Se retoman los aspectos básicos de competencia en matemáticas definidos por el MEN (1998), que se resumen en tres dimensiones (Figura 2b): - El contexto toma las particularidades de la población y su nivel de desarrollo de pensamiento, - Se analiza en cada población sus procesos de pensamiento directamente relacionados con las matemáticas, específicamente en el análisis y síntesis de problemas, - Se consideran los conocimientos básicos de los estudiantes, además de los requerimientos regionales y nacionales.

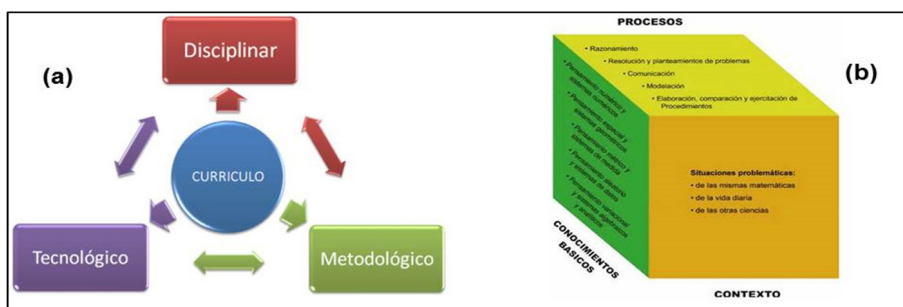


Figura 2. a. Componente de la Investigación (Murcia & Henao, 2015, 28); b. Lineamientos en matemáticas (MEN, 1998)

En este componente es necesario revisar con cada institución su marco regulatorio, que en esencia se encuentra dentro de su PEI –Proyecto Educativo Institucional–, de manera que la propuesta no compita con el horizonte institucional sino que más bien lo complementa. Esta parte fue especialmente difícil por las complejidades que se manejan dentro de las aulas, como son niños en extra-edad, con necesidades educativas especiales, sin continuidad en su proceso formativo; por parte de los equipos docente, resistencia para articular la propuesta dentro de su plan de aula por lo que se debió antes probar y documentar la conveniencia de la propuesta.

2.1.2 Componente metodológico. Incluye una revisión detallada del PEI de cada establecimiento educativo con especial énfasis en los planes de área y de asignatura de matemáticas. Se encontraron dos instituciones con principios pedagógicos diferentes, una con escuela Nueva y la otra con Aprendizaje Ausbeliano, por lo que fue preciso ajustar la propuesta a cada contexto, lo cual se expresó en actividades diferenciadas especialmente en el momento de

llevar a cabo las prácticas con los dispositivos robóticos que con la plataforma, ya que esta permite más fácil el trabajo individual del estudiante.

2.1.3 Componente tecnológico. Comprende dos subprocesos, el primero, prácticas con plataforma la cual tenía algunos recursos hipermediales como videos y juegos, y el segundo, con dispositivos robóticos *LEGO Mindstorms*.

En el caso de la plataforma, se presentaron grandes dificultades ya que esta demanda la existencia de una buena conexión a Internet y computadores con capacidades y velocidades racionalmente aceptables; lamentablemente los dos establecimientos educativos no contaban con una red estable y los equipos de cómputo no eran actualizados; esto para la investigación son requerimientos fundamentales para esta parte en específico; en esencia solo se pudieron llevar los videos y algunas prácticas que se pudieron instalar fuera de línea y con algunos equipos.

Se usan robots para motivar y despertar el interés de los estudiantes ya que estas herramientas, tal como lo concluyen Zabala, Pérez & Rodríguez (2013, 158), captan el interés fácilmente y además han sido mediatizadas de forma amplia por diversas instituciones y organizaciones tanto estatales como no estatales. El equipamiento básico de *LEGO Mindstorms* (Figura 3), tiene una microcomputadora capaz de ejecutar una gran variedad de instrucciones de una gran diversidad de lenguajes de programación, igualmente tiene la capacidad para recibir información del conjunto de sensores (luz, sonido, presión y proximidad) al igual que capacidad para controlar servomotores.



Figura 3.a Equipamiento básico de LEGO Mindstorms (Calvo & Perianez, 2010, 9), b. Estudiantes de primaria configurando el dispositivo

Para realizar procesos de transposición didáctica del conocimiento en los términos planteados por Bergsten, Jablonka & Klisinska (2010), la plataforma web de LEGO8, ofrece también una serie de recursos didácticos algunas de las cuales fueron socializadas por los docentes pero hasta donde se obtuvo registro, ni fueron implementadas.

2.2 Caracterización de la Población

La investigación propone el diseño de una propuesta integrada para mejorar los procesos de pensamiento matemático (específicamente pensamiento lógico matemático), tomando como muestra poblacional significativa estudiantes de grado quinto de primaria (en relación 1:1 de hombres y mujeres) de dos instituciones educativas públicas (EE1 y EE2) de zonas geográficamente diferentes pero contextualmente parecidas en su marginalidad y vulnerabilidad (estrato socioeconómico 1) en el periodo 2014-2016 semestre 1. Los datos al semestre 2016-1 se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Datos referentes al 2016-I

	Cantidad de Grados 5°	Cantidad de Estudiantes	Estudiantes en continuidad desde 3°
EE1	3	54	28
EE2	2	31	13

Con respecto a las intervenciones y acompañamientos hechos por parte del equipo investigador sobre las comunidades educativas en el periodo 2014 – 2016 semestre 1, en el subproceso de desarrollo de pensamiento con Robots LEGO, alcanzan siete acompañamientos a docentes (2 en 2014, 3 en 2015 y 2 en 2016), y 10 a grupos (3 en 2014, 5 en 2015 y 2 en 2016). El acompañamiento docente consistió en capacitación para el uso de los equipos robóticos y la naturaleza del ejercicio académico que se debía realizar con estudiantes, en tanto el acompañamiento a grupos permitió apoyar el trabajo del maestro de aula con sus estudiantes y los dispositivos robóticos, para alcanzar niveles altos de comprensión9 entendida en el contexto del saber hacer.

8 La dirección electrónica de la plataforma, donde se puede encontrar más información al respecto es <http://education.lego.com/es-ar/>

9 Perkins, citado por Barrios & Chaves (2014, 7), señala que «la comprensión se presenta cuando la gente puede pensar y actuar con flexibilidad a partir de lo que sabe. Por contraste, cuando un estudiante no puede ir más allá de la memorización y el pensamiento y la acción rutinarios, esto indica falta de comprensión».

2.3 Resultados parciales obtenidos

Es importante recalcar que el proceso investigativo está en etapa final. Básicamente se usaron tres indicadores a lo largo de los años 2014, 2015 y parte del 2016: Índices estimados de deserción escolar, Índices de no promoción 2014 a 2015 e Índices de las pruebas censales 2014 a 2016.

Al final del año escolar, se realizaron encuestas de caracterización, de reconocimiento de la estrategia y de satisfacción, que no muestran diferencia significativa entre los datos sobre deserción escolar, al igual que los índices de no promoción –figura administrativa con la cual un estudiante debe repetir el mismo grado- (Tabla 3).

Tabla 2. Deserción y No promoción durante el periodo de estudio

	Deserción				No Promoción			
	EE1		EE2		EE1		EE2	
	Grupo Población	Grupo Control	Grupo Población	Grupo Control	Grupo Población	Grupo Control	Grupo Población	Grupo Control
2013					4%	4%	5%	4%
2014	12%	8%	8%	10%	3%	4%	5%	5%
2015	11%	10%	12%	11%	4%	5%	4%	4%
2016	9%	10%	12%	9%	N.E		N.E	

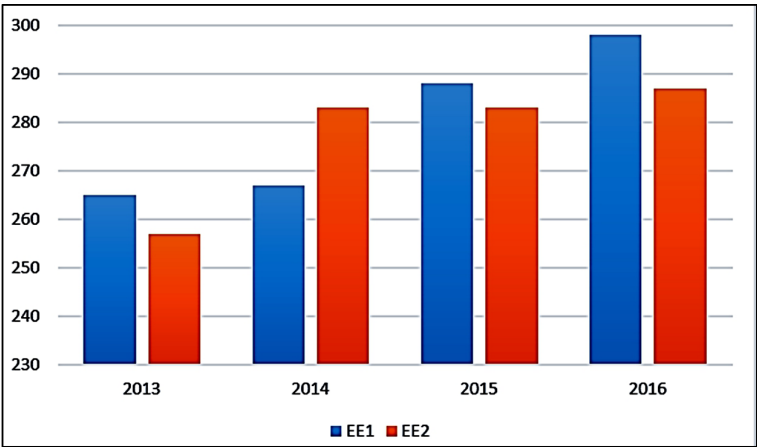


Figura 4. Resultados de la prueba SABER 5

La Figura 4 ilustra las variaciones en los resultados de las pruebas Saber 5 en los años 2013 a 2016, donde puede notarse en la primera institución educativa hay un pequeño mejoramiento en 2014, y posteriormente

un incremento gradual. En la institución 02 el año de implementación (2014) tuvo un gran incremento y luego se mantuvo constante. Generalizando, se puede decir que existe mejoría en los resultados de las pruebas censales, aunque no es posible establecer que obedece de forma exclusiva a la implementación de la estrategia metodológica expuesta en este documento; lo que permite inferir la pertinencia de las implementaciones realizadas durante los años de estudio.

3. Conclusiones

Los procesos de enseñanza y aprendizaje de cualquier área incluyendo las matemáticas, son complejos especialmente en comunidades vulnerables y que en consecuencia demandan profesionales capacitados y estudiantes motivados. Así, un estudiante inmerso y comprometido con la escuela, donde se ofrece una formación de calidad, ciertamente lo retiene dentro del sistema educativo, mejora su calidad de vida y sus procesos de desarrollo personal y familiar.

No es posible establecer la calidad de la educación con un solo examen, sea pruebas PISA o Saber, ya que la multiplicidad de facetas y el impacto de estas dentro de una comunidad no se pueden estandarizar; sin embargo estas pruebas son un indicativo proximal que pueden orientar los procesos curriculares y cuantificar el acierto de los cambios que se llevan.

Al usar robots como herramienta mediadora, es preciso que los estudiantes formen entre ellos comunidades académicas, redes colaborativas de conocimiento que Yeary et al. (2010, 509), sustentan con el hecho que *«se favorecen habilidades para el trabajo en equipo al ubicarlos en el planteamiento de soluciones a problemas de la vida real, extrayendo de ella datos relevantes para la toma de decisiones»*. Este empoderamiento mejora los niveles de aceptación y reconocimiento del otro y aunque la presente investigación no propone la interdisciplinariedad se puede evidenciar elementos en la referencia bibliográfica citada que despiertan intereses en el tema de la estimulación del aprendizaje de los estudiantes.

Aunque la inversión económica que se necesita para equipar un aula de clase con tecnología es considerable, los beneficios que se alcanzan con el recurso humano docente y estudiante son mayores en la medida que se hagan procesos integrativos, intencionados, sistémicos y de calidad. Lograr una transformación del pensamiento matemático no solo impacta

en matemáticas como área, sino que también fortalece habilidades de pensamiento abstracto necesarias para otras áreas.

Referencias bibliográficas

- BARRIOS OVIEDO, Lilia & CHAVES SILVA, Martha (2014). El proyecto de Aula como estrategia didáctica en el marco del modelo pedagógico enseñanza para la comprensión: Experiencia del Colegio Visión Mundial en comunidades vulnerables de Montería (Córdoba, Colombia) [en línea]. En: Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación (12-14/11/2014), Buenos Aires (Argentina): Organización de Estados Iberoamericanos, OEI. ASENJO, Joaquín; MACÍAS, Óscar & TOSCANO, Juan Carlos (eds.). Memorias del Congreso. Artículo 2009, p. 1-21. ISBN: 978-84-7666-210-6 <<http://www.oei.es/historico/congreso2014/memoriactei/209.pdf>> [consulta: 13/12/2016]
- BERGSTEN, Christer; JABLONKA, Eva & KLISINSKA, Anna (2010). A remark on didactic transposition theory [online]. In: The seventh Swedish Mathematics Education Research Seminar, MADIF-7 (26-27/02/2010), Stockholm (Sweden): Swedish Society for Research in Mathematics Education, SMDF. BERGSTEN, Christer; JABLONKA, Eva & WEDEGE, Tine (eds.). Mathematics and mathematics education: cultural and social dimensions - Proceedings of MADIF-7. Linköping (Sweden): Linköping University. p. 58-68. ISBN: 91-973934-6-0 <https://www.researchgate.net/publication/259602856_A_Remark_on_Didactic_Transposition_Theory> [consult: 15/09/2015]
- CALVO, Isidro & PERIANEZ, Gloria (2010). Uso conjunto de la plataforma LEGO_MINDSTORMS NXT y metodologías PBL en Informática Industrial [en línea]. En: Ikastorratza: e-Revista de Didáctica, No. 6 (jul). Vitoria (España): Universidad del País Vasco: Escuela Universitaria de Magisterio de Vitoria. p. 1-18. ISSN: 1988-5911 <http://www.ehu.es/ikastorratza/6_alea/lego.pdf> [consulta: 12/12/2015]
- CASAS MORENO, Andrés Fernando (2013). Colombia en PISA 2012: Informe nacional de resultados – Resumen ejecutivo [en línea]. Bogotá (Colombia): Icfes. 21 p. e-ISBN: 978-958-11-0627-1. <<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/2304/2/BeltranCastroArietaCecilia2015.JPG.pdf>> [consulta: 20/09/2015]
- COPPARI DE VERA, Norma; BENÍTEZ, L.; CÁCERES, S.; CODAS, M.; DE MESTRAL, N.; FUGARAZZO, C.; MELGAREJO, M.; MELGAREJO, M.; NOCEDA, A.; RECALDE, G.; TELLECHEA, A. (2011). Relación entre las nuevas tecnologías y la preferencia en la comunicación en estudiantes [en línea]. En: Eureka, Vol. 8, No. 2. Asunción (Paraguay): p. 231-240. e-ISSN 2220-9026 <<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/eureka/v8n2/a08.pdf>> [consulta: 18/09/2015]
- DELGADO BARRERA, Martha (2014). La educación básica y media en Colombia: retos en equidad y calidad [en línea]. Bogotá (Colombia): Fedesarrollo. 40 p. <<http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/La-educaci%C3%B3n-b%C3%A1sica-y-media-en-Colombia-retos-en-equidad-y-calidad-KAS.pdf>> [consulta: 12/12/2016]
- DOBLES TREJOS, Cecilia (2014). Recuperando la capacidad de asombro: la investigación-acción en la formación docente [en línea]. En: Revista Electrónica Educare, Vol. 18, No. 3 (sep-dic). Heredia (Costa Rica): Universidad Nacional de Costa Rica. p. 285-299. e-ISSN: 1409-4258 <<http://dx.doi.org/10.15359/ree.18-3.18>>, <<http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/EDUCARE/article/view/6109/6078>> [consulta: 12/12/2016]
- EFE/EL TIEMPO (2014). Colombia, en el último lugar en nuevos resultados de pruebas PISA [en línea]. En: El Tiempo 819/07/2014). Bogotá (Colombia): Casa editorial El Tiempo. <<http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/educacion/colombia-en-el-ultimo-lugar-en-pruebas-pisa/14224736>> [consulta: 12/11/2015]
- GONZÁLEZ GUERRERO, Enrique; PÁEZ RODRÍGUEZ, John Jairo & ROLDÁN, Fabián José (2013). Robots cooperativos, Quemes para la educación. En: Vínculos, Vol. 10, No. 2 (jul). Bogotá (Colombia): Universidad Distrital Francisco José de Caldas. p. 47-62. E-ISSN: 2322-939X <<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/vinculos/article/view/6450/7991>> [consulta: 16/12/2016]
- HENAO LÓPEZ, Juan Carlos & BARRERA MONCADA, James Andrés (2013). Cap. 1. Introducción a PHYSILAB [en línea]. En: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE PEREIRA, UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES & UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN. Colección Maestros. p. 11-20. ISBN: 978-958-8487-28-1 <<http://biblioteca.ucp.edu.co/OJS/index.php/coleccionmaestros/article/view/2025/1933>> [consulta: 12/11/2016]
- INSTITUTO COLOMBIANO PARA LA EVALUACIÓN DE LA EDUCACIÓN, ICFES (2016). Resultados Agregados Saber Pro y Saber TyT 2016: Consulta de Resultados [en línea]. Bogotá (Colombia): ICFES. 98 p. e-ISBN: 978-958-11-0658-5. <http://www.icfesinteractivo.gov.co/resultadosSaber/sniee_ind_resul.htm> [consulta: 10/03/2017]

- MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, MEN (1998). Serie lineamientos curriculares: Matemáticas [en línea]. Bogotá (Colombia): Ministerio de Educación Nacional. <http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-89869_archivo_pdf9.pdf> [consulta: 12/08/2015]
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, MEN (2010). Pruebas Saber [en línea]. Bogotá (Colombia): Ministerio de Educación Nacional (26/08/2010). <<http://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-244735.html>> [consulta: 12/08/2016]
- MURCIA LONDOÑO, Euclides & HENAO LÓPEZ, Juan Carlos (2015). Educación matemática en Colombia, una perspectiva evolucionaria. En: Entre Ciencia e Ingeniería, No. 18 (jul-dic). Pereira (Colombia): Universidad Católica de Pereira. p. 23-30. ISSN 1909-8367.
- ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS, OCDE (2014). Resultados de PISA 2012 en Foco: Lo que los alumnos saben a los 15 años de edad y lo que pueden hacer con lo que saben [en línea]. París (Francia): Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OCDE. 42 p. <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA2012_Overview_ESP-FINAL.pdf> [consulta: 12/11/2015]
- ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS, OCDE (2016). PISA 2015: Resultados clave [en línea]. París (Francia): Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OCDE. 15 p. <<https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-ESP.pdf>> [consulta: 12/11/2015]
- ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS, OCDE (s.f.). El programa PISA de la OCDE Qué es y para qué sirve [en línea]. París (Francia): Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OCDE. 31 p. <<https://www.oecd.org/pisa/39730818.pdf>> [consulta: 12/09/2016]
- ORJUELA VIRACACH'A, Jaime (2012). 6. Determinantes individuales de desempeño en las pruebas de Estado para educación media en Colombia [en línea]. En: ICFES. Estudios sobre calidad de la educación en Colombia. Bogotá (Colombia): ICFES. p. 164-176. e-ISBN: 78-958-11-0595-3 <<http://www.icfes.gov.co/index.php/docman/investigadores-y-estudiantes-de-posgrado/resultados-de-investigaciones/factores-asociados/educacion-superior/1012-determinantes-individuales-de-desempeno-en-las-pruebas-de-estado-para-educacion-media-en-colombia>> [consulta: 15/09/2015]
- RUEDA ORTIZ, Rocío & FRANCO AVELLANEDA, Manuel (2014). Educación: conocimientos, escenarios y ciudadanía. En: DAZA CAICEDO, Sandra & LOZANO BORDA, Marcela (eds.). Percepciones de las ciencias y las tecnologías en Colombia: Resultados de la III Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología. Bogotá (Colombia): Observatorio Colombiano de Ciencia y tecnología. p. 295-312. ISBN: 978-958-57775-8-3.
- TOBÓN TOBÓN, Sergio; PIMENTA PRIETO, Julio Herminio & GARCÍA FRAILE, Juan Antonio (2011). Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias. México: Pearson educación. 216 p. ISBN: 978-6074429091.
- UNESCO (2013). Enfoques estratégicos sobre las TICS en educación en América Latina y el Caribe [en línea]. Santiago (Chile): OREAL/UNESCO. 58 p. <<http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Santiago/images/ticseap.pdf>> [consulta: 12/12/2016]
- YEARY, Mark B.; YU, Tian-You; PALMER, Robert D.; MONROY, Hector; RUIN, Isabelle; ZHANG, Guifu; CHILSON, Phillip B.; BIGGERSTAFF, Michael Irwin; WEISS, Christopher; MITCHELL, Kelly Ann & FINK, L. Dee (2010). Working Together for Better Student Learning: A Multi-University, Multi-Federal Partner Program for Asynchronous Learning Module Development for Radar-Based Remote Sensing Systems [online]. In: IEEE Transactions on Education, Vol. 53, No. 3 (oct). Piscataway (NJ, USA): IEEE Education Society p. 504-515. ISSN: 0018-9359 <DOI:10.1109/TE.2009.2032167> <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5299239&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fstamp%2Fstamp.jsp%3Ftp%3D%26arnumber%3D5299239>> [consult: 20/09/2015]
- ZABALA VARGAS, Sergio Andrés; PÉREZ LÓPEZ, John Albert & RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, Henry Fernando (2013). Estrategia para el desarrollo de aprendizajes en ingeniería basado en robótica educativa y competitiva: caso Universitaria de Investigación y Desarrollo, UDI [en línea]. En: Ingeniería Solidaria, Vol. 9, No. 16 (ene-dic). Bogotá (Colombia): Universidad Cooperativa de Colombia. p. 153-159. e-ISSN: 2357-6014 <<http://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/view/539>> [consulta: 20/09/2015]