

Robótica Educativa y desarrollo del Pensamiento Computacional: Una exploración realizada en niveles educativos iniciales.

Educational Robotics and development of Computational Thinking: An exploration conducted at early educational levels.

Yen Caballero-González ⁽¹⁾
¹Fundación Ciudad del Saber
Email: ycaballero@cdspanama.org

DOI: <https://doi.org/10.61454/espila.2024.6.2.003>

Resumen

El desarrollo tecnológico que se experimenta actualmente se evidencia en los diferentes ámbitos que conforman la sociedad. Como resultado, se presenta el reto social de fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje. Lo que contribuirá a lograr una ciudadanía robusta con las habilidades digitales y competencias que requiere un entorno cada vez más complejo y tecnológico. Esta comunicación presenta algunos resultados alcanzados en el desarrollo de una experiencia de enseñanza y aprendizaje para el fortalecimiento de habilidades sobre pensamiento computacional e interacción social. En esta actividad se han utilizados metodologías activas como el aprendizaje basado en retos, problemas y escenarios de aprendizaje gamificados, incorporando recursos de aprendizaje con la robótica, como tecnología educativa. En la experiencia participaron 46 estudiantes de primeros niveles de educación formal, pertenecientes a un centro educativo español. Además, se utilizaron como instrumentos de recolección de datos una rúbrica y listas de verificación. Los procedimientos de análisis aplicado, a los datos, dan como resultado un avance significativo en las habilidades de pensamiento computacional y desarrollo social exploradas en las actividades de aprendizaje planificadas.

Palabras clave: Pensamiento computacional, Robótica Educativa, habilidades sociales, aprendizaje, Educación y Tecnología.

Abstract

The technological development currently being experienced is evident in the different areas that make up society. As a result, there is the social challenge of strengthening the teaching-learning processes. This will contribute to achieve a robust citizenship with the digital skills and competencies required by an increasingly complex and technological environment. This communication presents some results achieved in the development of a teaching and learning experience for the strengthening of skills on computational thinking and social interaction. In this activity, active methodologies such as challenge-based learning, problems and gamified learning scenarios were used, incorporating learning resources with robotics as an educational technology. The experience involved 46 students from the first levels of formal education, belonging to a Spanish educational center. In addition, a rubric and checklists were used as data recollection instruments. The analysis procedures applied to the data resulted in significant progress in the computational thinking and social development skills explored in the planned learning activities.

Keywords. Computational thinking, Educational Robotics, social skills, learning, Education and Technology.

Fecha de recepción, 7-5-2024
Fecha de aprobación, 20-5-2024

1. Introducción

Actualmente la sociedad experimenta una transformación en sus diferentes ámbitos: social, económico, industrial, político y educativo. Este hecho está asociado a la fuerte integración de las tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y otras tecnologías emergentes como: la Inteligencia Artificial, el Internet de las Cosas, la robótica, la computación en la nube entre otros desarrollos tecnológicos. El resultado es un complejo escenario social-digital que plantea nuevos retos y oportunidades en la forma de aprender y generar conocimiento. Se experimenta una revolución digital; es decir, el cambio de la tecnología analógica a una digital (Villalobos, et al., 2023).

Una de las prácticas que ha tomado gran fortaleza en diversas regiones y países, consiste en la incorporación de actividades educativas focalizadas en el desarrollo de nuevas formas de pensamiento y habilidades digitales. En los entornos educativos formales e informales se incorporan nuevas estrategias para la enseñanza-aprendizaje que permitirán el desarrollo de actividades productivas basadas en la tecnología y la innovación

(Acevedo, Suarez & Medina, 2024). Por otro lado, en los entornos educativos se quiere potenciar las experiencias tecnológicas que poseen los participantes, procedentes de su contexto familiar y que, en gran medida, son experiencias más intensas que las que se desarrollan en las aulas, fusionando con esto las ventajas que ofrecen ambos entornos de convivencia. La comunicación e interacción con la tecnología, impulsa la necesidad de habilitar nuevas formas de lenguaje, basados en los principios de las ciencias computacionales y la informática. En consecuencia, a los métodos tradicionales de aprendizaje de la lectura, escritura y aritmética, hay que añadirle el aprendizaje y desarrollo de un nuevo lenguaje, uno basado en el Pensamiento Computacional (Castañeda, 2023).

El Pensamiento Computacional (PC), es una de las corrientes formativas que ha tomado un gran foco de interés y atención en importantes foros académicos, empresariales y de investigación. Sin embargo, una de las primeras investigadoras y científicas en proponer el término fue Jeannette Wing, argumentando que esta forma de pensamiento involucra la capacidad de resolver problemas y diseñar sistemas, utilizando los conceptos

fundamentales que sostiene la informática y las ciencias de la computación (Wing, 2006).

Otros aportes de gran valor al marco conceptual del PC lo han realizado investigadores como: Karen Brennan y Mitch Resnick bajo el nombre: “computational thinking framework”, estructurándolo como un constructo basado en tres grandes dimensiones: los conceptos, las prácticas y las perspectivas (Brennan & Resnick, 2012). En esta estructura, cada dimensión se encuentra compuesta por varias características, a saber: la dimensión conceptos se describe a través de las secuencias, los bucles, eventos, paralelismo, condicionales, operadores y datos. Las habilidades prácticas, otra de las dimensiones, está formada por: la experimentación, depuración, reutilización y abstracción. Por último, la dimensión perspectivas incluye: las formas de expresarse, conectarse e interrogarse. Todos atributos que pueden ser desarrollados o fortalecidos en los participantes que participen de actividades educativas tendientes a lograr el desarrollo de estas dimensiones.

Una orientación conceptual más amplia es la defendida por, Marina Bers, al considerar el PC como un proceso de resolución de problemas que posee un carácter expresivo, permitiendo que los estudiantes desarrollen habilidades de tipo cognitivo, técnico y en el ámbito social. Bers sugiere que es posible lograr con éxito el aprendizaje del pensamiento computacional desde las primeras etapas escolares. Bajo este criterio, propone un marco de acción que lo denomina como: Desarrollo Tecnológico Positivo (por sus siglas en inglés PTD o Positive Technological Development) que es un referente pedagógico en el que se describen las experiencias que los niños pequeños pueden alcanzar cuando emplean recursos educativos fundamentados en la tecnología como parte de sus ámbitos de educación formal e informal (Bers, 2012).

El PTD tiene su génesis en el trabajo desarrollado por Seymour Papert, fundamentado en la teoría de aprendizaje llamada construccionismo. El PTD presenta como marco de acción seis comportamientos positivos que los niños pueden adquirir al ser participantes activos en programas de formación y aprendizaje de habilidades y competencias digitales (Strawhacker & Bers, 2018).

Los comportamientos positivos se dividen en dos grupos de habilidades: unas intrapersonales y otras interpersonales. En las primeras se incluyen: la creación de contenido, creatividad y opciones de conducta. Las segundas, están formadas por las habilidades de comunicación, colaboración y construcción o consolidación de comunidades.

Una estrategia de aprendizaje y fortalecimiento de habilidades y competencias de pensamiento computacional en etapas educativas tempranas consiste en la utilización de recursos de aprendizaje tangibles como los que puede aportar la Robótica Educativa (RE). La RE como recurso de tecnología educativa se viene utilizando con gran éxito en varios países (Karampinis, 2018; Chiara et al., 2017), ya que facilita el diseño, construcción y desarrollo de ambientes de aprendizaje activos, pasando eficazmente de lo abstracto de los conceptos a lo tangible, mediante prácticas colaborativas. En este escenario de aprendizaje el participante adquiere un rol principal en la generación y construcción del conocimiento sobre el objeto en estudio (Papadakis, Kalogiannakis & Zaranis, 2016). En el pasado se generaron aportes de gran significado, gracias a los trabajos de investigación y desarrollo realizados por Seymour Papert (Sullivan & Bers, 2016). La teoría constructivista, defendida por Papert, sustenta que los aprendices adquieren aprendizajes significativos cuando se les atribuye un rol activo en su proceso de aprendizaje; es decir, al convertirlos en diseñadores y creadores de soluciones a problemas que le sean planeados. En consecuencia, el participante logra interiorizar los aprendizajes y adquirir conocimientos de forma más sostenible.

Estudios recientes revelan la existencia de beneficios al utilizar la RE como interfaz tangible para el aprendizaje. Igualmente, la RE facilita el aprendizaje por indagación y experimentación. Lo cual contribuye a fortalecer en los participantes el desarrollo de habilidades técnicas y de interacción social como: la creatividad, comunicación y colaboración (García-Peñalvo & Mendes, 2018).

En este documento se utiliza como base de información algunos resultados que se generaron al desarrollar actividades de formación y aprendizaje,

mediante la integración de la Robótica Educativa (RE) como recurso tecnológico como soporte pedagógico, para el desarrollo del pensamiento computacional y habilidades de interacción social de los participantes. Adicionalmente, se empleó una metodología de aprendizaje activa basada en retos y escenarios gamificados.

2. Objetivos y preguntas

La integración de la tecnología digital en los procesos educativos de enseñanza-aprendizaje contribuye a la conformación una cultura digital en la sociedad (Berrocoso, Sánchez & Arroyo, 2015), fortaleciendo en los participantes de los entornos educativos no sólo los aspectos cognoscitivos y las habilidades técnicas, sino los vinculados a su interacción y desarrollo social. En este documento se presenta en detalle los atributos más destacados de una actividad desarrollada con el propósito de fomentar las habilidades de pensamiento computacional en los participantes de un entorno educativo formal. Para esto se estableció como objetivo:

Valorar el desempeño de los estudiantes que participaron de una experiencia formativa para fortalecer las habilidades de pensamiento computacional e interacción social.

Tomando en cuenta la importancia del tema se consideró oportunamente la discusión de la siguiente interrogante que guiaría el estudio:

¿Qué prácticas educativas para la enseñanza-aprendizaje se pueden implementar en el aula con el propósito de lograr fortalecer las habilidades digitales de pensamiento computacional en participantes de niveles educativos iniciales, mediante metodologías de aprendizaje activas con retos de robótica y programación?

3. Metodología

El estudio que se describe en esta comunicación corresponde a una experiencia de formación en habilidades de pensamiento computacional e interacción social, utilizando actividades de aprendizaje para resolución de retos, mediante la incorporación de robots programables como tecnología educativa. En la experiencia participaron 46 estudiantes de primeros niveles de educación formal en un colegio de España, durante el periodo académico 2017-2018. El diseño de investigación utilizando fue del tipo cuasi-experimental (Campbell & Stanley, 1993). La muestra se estructuró en base a dos grupos (uno experimental y otro control).

Los grupos experimental y control estuvieron formados por 23 estudiantes en cada grupo. En este sentido, se logró un equilibrio en la muestra de participantes en lo referente al género, ya que en cada uno participaron 13 niñas y 10 niños. Los estudiantes corresponden a grupos completos formados previamente y por criterios propios del centro educativo. La edad de los estudiantes participantes se localizó entre los 6 y 7 años.

En el proceso desarrollado se registraron medidas antes y después para cada individuo, permitiendo efectuar una evaluación del desempeño alcanzado por los participantes en cuanto a dimensiones y características de pensamiento computacional, según los marcos teóricos expuestos. Para esto las actividades de aprendizaje se basaron en el desarrollo de retos que se plantearon a los participantes mediante escenarios gamificados, utilizando el robot Bee-Bot (Chiara et al., 2017) como recurso educativo tecnológico tangible.

El nivel de aprendizaje del pensamiento computacional se observó a través del desempeño alcanzado por los participantes en cada uno de los retos propuestos, vinculados a las características: secuencias, patrones y depuración, propuestas por Brennan y Resnick, según lo presentado en el marco teórico. En total se efectuaron 6 actividades basadas en retos, distribuidos en dos por cada una de las características exploradas (ver Figura 1).



Figura 1. Grupo de participantes desarrollando uno de los retos propuestos.

El registro de los niveles de desempeño alcanzado por los participantes se logró mediante la utilización de una rúbrica de evaluación del nivel de autonomía. El rango de valores establecido estuvo entre 0 y 5 puntos (Caballero-González & García-Valcárcel Muñoz-Repiso, 2019). La rúbrica utilizada, corresponde a una adaptación del instrumento de evaluación empleado por el grupo de investigación DevTech, en el programa de estudio en robótica TangibleK (Bers, Flannery, Kazakoff, & Sullivan, 2014). La evaluación y valoración de las actividades se realizó conjuntamente entre los profesores de la institución educativa y el investigador. El reto que se presentaba al participante iniciaba con una narración corta. Luego se planteaba un reto que debía resolverse. El reto consistía fundamentalmente en lograr desplazar al robot Bee-Bot®, según se indicaba en la narración inicial que se presentaba al participante. El escenario se diseñó utilizando como principio características lúdicas.

Para la captura de los datos que correspondían al desempeño de los participantes en relación con las características sociales y de convivencia, se utilizó una lista de verificación que permitía el registro de la frecuencia en la que se observaba un determinado comportamiento de los estudiantes que participaban del experimento. La lista de criterios a evaluar se adaptó, para categorizar los hallazgos de acuerdo con los comportamientos que figuran en el marco teórico expuesto en este documento bajo el nombre de desarrollo tecnológico positivo (PTD, por sus siglas en inglés) (Strawhacker & Bers, 2018). Los valores se enmarcaron en una escala Likert del 1 al 5 (1 = nunca, 2 = casi nunca, 3 = a veces, 4 = frecuentemente, 5 = siempre). Las observaciones y el registro se efectuaron al finalizar las sesiones de formación donde los estudiantes trabajaron en pequeños grupos (3 - 4 integrantes).

4. Resultados

Para obtener una valoración significativa del despeño alcanzado por los participantes en cada una de las dimensiones y características del PC exploradas (secuencias, patrones y depuración), se realizó un análisis cuantitativo utilizando pruebas estadísticas. Los datos fueron analizados mediante el programa estadístico SPSS y corresponden a los resultados de las pruebas pre y pos-test desarrolladas.

Primeramente, se comprobó la normalidad e igualdad de varianzas a los datos del pre-test, en cada una de las características del pensamiento computacional y a la prueba completa, el valor crítico que se estableció fue un $\alpha < .05$. Los resultados alcanzados reflejaron un $p > .05$, por lo cual se asumió la normalidad e igualdad de varianzas en los datos para ambos grupos (experimental y control).

Posteriormente, se empleó la prueba estadística t de Student para determinar si existían diferencias iniciales en los valores de cada una de las características del pensamiento computacional y en la prueba completa que

compone la muestra en estudio. Se optó por esta técnica ya que el tamaño de la muestra es relativamente pequeño.

Los cálculos que se efectuaron arrojaron para la característica secuencia del pensamiento computacional un valor $p = .465$, en la característica patrones un valor de $p = .725$ y en depuración, que fue la otra característica que se exploró, se obtuvo un valor de $p = .246$. Finalmente, para la prueba completa se alcanzó un valor de $p = .436$. Lo que nos muestra que existía una equivalencia inicial en los grupos experimental y control.

Por otro lado, se aplicó el estadístico t-Student a los valores obtenidos, por los estudiantes que participaron de ambos grupos, en el desarrollo de las actividades de aprendizaje que corresponden a la prueba pos-test. Los cálculos realizados nos revelan valores de significación $< .05$ (Tabla 1). Lo que nos garantiza desde el punto de vista estadístico que en efecto existen diferencias significativas entre los integrantes de los grupos experimental y control, en los valores asociados a cada una de las características del pensamiento computacional y en la prueba completa.

Tabla 1. Prueba t de Student en la prueba Pos-test (grupo experimental y control).

Características del PC evaluadas	Prueba de Levene		Prueba t para la igualdad de medias		
	F	Sig.	t	gl	Sig. (Bilateral)
Secuencias	.212	.647	2.363	44	.023
Patrones	.282	.598	2.886	44	.006
Depuración	.54	.817	2.642	44	.011
Prueba completa	1.001	.323	3.085	44	.004

En relación los registros sobre las observaciones de los comportamientos observados mediante lista de verificación del PTD, también se producen diferencia a favor de los integrantes del grupo experimental. Por ejemplo, en lo relativo al comportamiento colaboración, se evaluó si los participantes compartían recursos y materiales de trabajo, sin afectar las actividades de sus

compañeros. En la Figura 2, se observa como los niveles de frecuencia sobre el comportamiento “colaboración” observado en los estudiantes que participaron de las actividades con robótica son superiores en los integrantes del grupo experimental frente a los del grupo control.

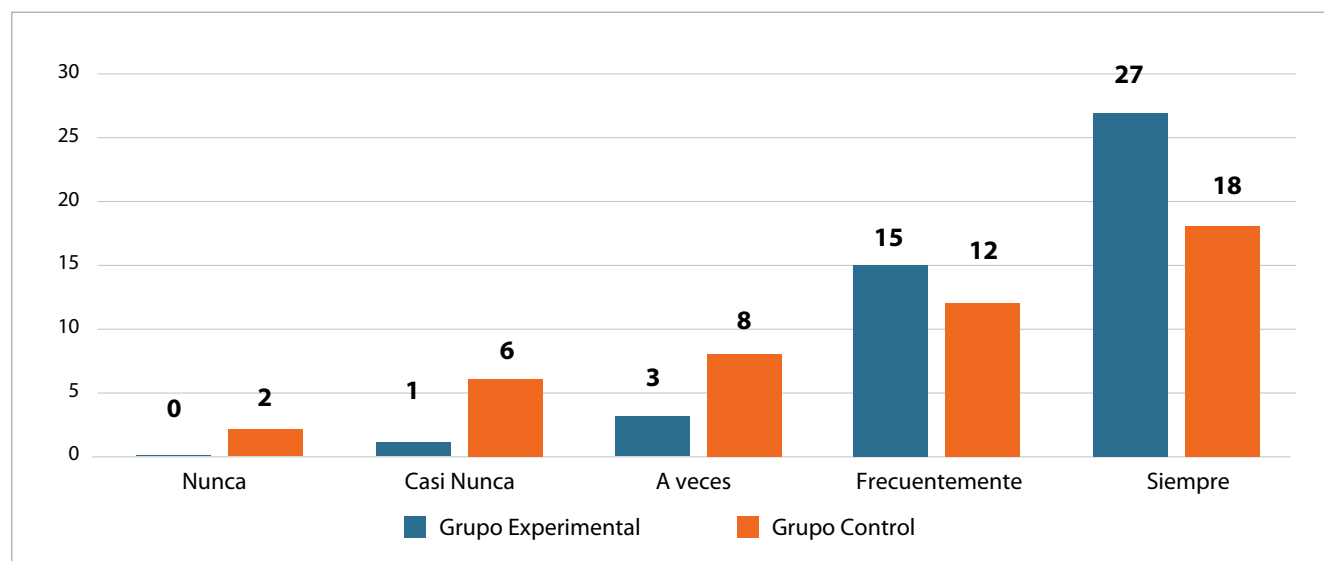


Figura 2. Frecuencia en que se genera el comportamiento colaboración de acuerdo con las actividades de aprendizaje propuestos

5. Conclusión

Los resultados que han sido expuestos en esta comunicación nos revelan la existencia de diferencias significativas a favor de los estudiantes que participaron en las actividades planificadas en un programa de aprendizaje para desarrollar habilidades y competencias sobre aprendizaje del pensamiento computacional, utilizando como recurso educativo tangible un robot programable de piso. En las actividades descritas en la metodología se trabajaron retos orientados al fortalecimiento de habilidades técnicas sobre pensamiento computacional como lo son: secuencias, patrones y depuración (Bers, 2017, Chen, et al., 2017, Bers, et al., 2014). Adicionalmente, se realizaron actividades que permitieron explorar el desarrollo de habilidades sociales como la comunicación y colaboración (Moro, Agatolio & Menegatti, 2018). Los datos recolectados permitieron la realización de análisis

mediante la aplicación de pruebas estadísticas. Se puede afirmar que fue posible obtener en los participantes niveles de logro y desempeño significativos, asociadas actividades habilidades técnicas y sociales. Además, se conciben como positivos los resultados alcanzados. Toda vez, que, existe coincidencia favorable con los resultados presentados en otras investigaciones similares desarrollados en contextos educativos de igual nivel, orientados a la exploración y desarrollo de habilidades y competencias de pensamiento computacional (Chalmers, 2018; Chiara et al., 2017; Sullivan & Bers, 2017). En consecuencia, el desarrollo de esta investigación contribuyó al fortalecimiento del conocimiento científico que existe sobre esta área de aprendizaje basado en la robótica como tecnología educativa para el aprendizaje de nuevas formas de pensamiento.

6. Referencias Bibliográficas

- Acevedo, H. M. V., Suarez, L. J. L., & Medina, L. D. F. (2024). Pensamiento Computacional: una competencia del siglo XXI: Revisión sistemática en Scopus. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 4(9), 1-16. <https://doi.org/10.53595/rlo.v4.i9.090>
- Berrocso, J., Sánchez, M., & Arroyo, M. (2015). El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje. *Red*, 46, 1-18. <https://doi.org/10.6018/red/46/3>
- Bers, M. U. (2012). *Designing Digital Experiences for Positive Youth Development: From Playpen to Playground*, Oxford, Cary, NC.
- Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R., & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers and Education*, 72, 145 - 157. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.020>
- Bers, M. U. (2017). The Seymour test: Powerful ideas in early childhood education. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 14, pp. 10 14. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2017.06.004>
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In *Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA)* (pp. 1-25), Vancouver, Canada.
- Campbell, D., & Stanley, J. (1993). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Castañeda, A. M. (2023). Pensamiento computacional para una sociedad 5.0. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 111-140. <https://doi.org/10.51302/tce.2023.1440>
- Chalmers, C. (2018). International Journal of Child-Computer Interaction Robotics and computational thinking in primary school. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 17, 93 100. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.005>
- Chen, G., Shen, J., Barth-Cohen, L., Jiang, S., Huang, X., & Eltoukhy, M.M. (2017). Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming. *Computers and Education*, 109, 162-175. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.001>
- Chiara, M., Lieto, D., Inguaggiato, E., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., ... Dario, P. (2017). Computers in Human Behavior Educational Robotics intervention on Executive Functions in preschool children: A pilot study. *Computers in Human Behavior*, 71, 1623. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.018>
- García-Peñalvo, F. J., & Mendes, A. J. (2018). Exploring the computational thinking effects in pre- university education. *Computers in Human Behavior*, 80, pp. 407 411. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.12.005>
- Caballero-González, Y & García-Valcárcel Muñoz-Repiso, A. (2019). Enhancing computational thinking skills in early childhood education: Learning experience through tangible and graphical interfaces. *RELATEC. Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 18 (2), 133-149. ISSN 1695-288X. <http://dx.medra.org/10.17398/1695-288X.18.2.133>

- Karampinis, T. (2018). Robotics-based learning interventions and experiences from our implementations in the RobESL framework. *International Journal of Smart Education and Urban Society*, 9(1), 13-24.
<https://doi.org/cxnt>
- Moro, M., Agatolio, F., & Menegatti, E. (2018). The RoboESL Project: Development, evaluation and outcomes regarding the proposed robotic enhanced curricula. *International Journal of Smart Education and Urban Society*, 9(1), 48-60.
<https://doi.org/10.4018/ijseus.2018010105>
- Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Zaranis, N. (2016). Developing fundamental programming concepts and computational thinking with ScratchJr in preschool education: a case study. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 10(3), 187.
<https://doi.org/10.1504/ijmlo.2016.077867>
- Resnick, M., & Rosenbaum, E. (2013). Designing for tinkability. In M. Honey & D.E. Kanter (Eds.), *Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators* (pp.163-181). New York: Routledge.
- Strawhacker, A. & Bers, M. U. (2018). Promoting Positive Technological Development in a Kindergarten Makerspace: A Qualitative Case Study. *European Journal of STEM Education*, 3(3), 09.
<https://doi.org/10.20897/ejsteme/3869>
- Sullivan, A., & Bers, M. U. (2016). Robotics in the early childhood classroom: learning outcomes from an 8-week robotics curriculum in pre-kindergarten through second grade. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(1), 3 20.
<https://doi.org/10.1007/s10798-015- 9304-5>
- Sullivan, A., & Bers, M. U. (2018). Dancing robots: integrating art, music, and robotics in *International Journal of Technology and Design Education*. June 2018, Volume 28, pp 325 346. <https://doi.org/10.1007/s10798-017-9397-0>
- Villalobos Antúnez, J. V., Molina, R., Israel, R., Severino-González, P., & Caldera Ynfante, J. E. (2023). Entornos BANI y sociedad digital. Cuestiones epistemológicas desde la sistemología interpretativa y la complejidad BANI environments and digital society. *Epistemological issues from interpretive*.
<https://doi.org/10.53485/rsu.v6i1.335>
- Wing, J.M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
<https://bit.ly/2ASUK9Q>