

Competencia de razonamiento complejo: innovación con TICs, robótica social e inteligencia artificial en Educación Superior

Complex reasoning competence: innovation with ICTs, social robotics, and artificial intelligence in Higher Education

Isolda Margarita Castillo-Martínez, Tecnológico de Monterrey, México, isoldamcm@hotmail.com

Jose Jaime Baena-Rojas, Tecnológico de Monterrey, México, jose.baena@tec.mx

Edgar Omar López-Caudana, Tecnológico de Monterrey, México, edlopez@tec.mx

Paloma Suárez-Brito, Tecnológico de Monterrey, México, paloma.suarez@tec.mx

María Soledad Ramírez-Montoya, Tecnológico de Monterrey, México, solramirez@tec.mx

Resumen

Las TIC, Robótica Social (RS) e inteligencia artificial (IA) pueden ser de apoyo para desarrollar la competencia de razonamiento para la complejidad. El objetivo de esta investigación fue analizar el impacto de dichos recursos tecnológicos mediante tres sesiones para conocer si contribuyen al desarrollo del razonamiento complejo. Se aplicó un método mixto con 34 estudiantes universitarios de México y España, mediante el cual se exploraron la percepción del nivel de dominio de razonamiento para la complejidad y la percepción de uso de las tecnologías implementadas. Los hallazgos muestran (a) Reafirmación sobre la utilidad de las TICs en los procesos de enseñanza, (b) Respuesta favorable al uso de RS en clases, lo que indica que puede apoyar los procesos de aprendizaje promovidos en contextos de educación superior (c) La IA puede transformar procesos de enseñanza-aprendizaje estandarizados en procesos constituidos por actividades diseñadas conforme a las características y necesidades de los estudiantes (d) Las TICs, RS e IA pueden favorecer el desarrollo de competencias transversales, incluyendo metacompetencias, en estudiantes universitarios. Este estudio pretende ser de valor para la comunidad académica e interesados en innovación educativa, desarrollo de competencias y aplicación de tecnologías.

Abstract

ICTs, Social Robotics (SR) and artificial intelligence (AI) can be of support to develop the competence of reasoning for complexity. The objective of this research was to analyze the impact of these technological resources through three sessions to know if all of them contribute to the development of complex reasoning. A mixed method was applied with 34 university students from Mexico and Spain, through which the perception of the level of proficiency of reasoning for complexity and the perception of use of the implemented technologies were explored. The findings show (a) Reaffirmation of the usefulness of ICTs in teaching processes, (b) Favorable response to the use of RS in classes, indicating that it can support learning processes promoted in higher education contexts (c) AI can transform standardized teaching-learning processes into processes consisting of activities designed according to the characteristics and needs of students (d) ICTs, RS and AI can favor the development of transversal competencies, including meta competencies, in university students. This study is intended to be of value to the academic community and those interested in educational innovation, competency development and application of technologies.

Palabras clave: razonamiento para la complejidad, robótica social, inteligencia artificial, innovación educativa

Key words: reasoning for complexity, social robotics, artificial intelligence, educational innovation

1. Introducción

Las complejas problemáticas sociales que se hacen evidentes en los desafíos derivados de pandemias y otras situaciones de crisis constituyen retos para el ámbito educativo. Para generar soluciones para dichos desafíos se requiere el desarrollo de competencias (Bauman, 2007; Beck, 2019), tales como competencias de investigación y de razonamiento para la complejidad, esta última constituida por cuatro tipos de pensamiento: sistémico, científico, crítico e innovador (Ramírez-Montoya, et. al., 2022). En el desarrollo de competencias, la innovación pedagógica se debe complementar con el uso inteligente de la tecnología.

Los recursos tecnológicos tienen un papel fundamental en la formación de los estudiantes. Vista por las Instituciones de Educación Superior (IES) como una estrategia a largo plazo (Aditya, 2022), la transformación digital implica transformación y automatización de procesos que aumenten su efectividad y eliminen barreras de conectividad (Rof, 2020). La tecnología debe fungir como habilitador de cambio e innovación (Ljungqvist, 2021) que favorezca el aprendizaje y adquisición de competencias, para generar soluciones a diversas problemáticas. En la presente investigación se busca establecer el impacto que tuvo la utilización de robots NAO e inteligencia artificial en el desarrollo de competencias de investigación y de razonamiento complejo en estudiantes de Educación Superior.

2. Desarrollo

Para el presente estudio se aplicó un pilotaje en el marco de un proyecto NOVUS del Tecnológico de Monterrey denominado OpenResearchLab: Laboratorio de investigación educativa con inteligencia artificial y robótica, pero se busca su transferibilidad a otros entornos universitarios, con la intención de impactar positivamente en los ámbitos educativo, económico y social de manera global.

2.1 Marco teórico

En el ámbito universitario ha resultado fundamental la transición del aprendizaje por contenidos a la Educación basada en competencias. En el presente estudio el foco se centra en competencias transversales: de investiga-

ción y de razonamiento para la complejidad, esta última forma parte de las competencias eje en el Modelo Tec 21. La competencia de investigación es una disposición y un saber-hacer cuyo propósito consiste en poner en práctica un conjunto de operaciones, habilidades, esquemas y conocimientos articulados lógicamente y metodológicamente, relacionados con el objeto sobre el que se desea investigar y con el propósito de producir conocimiento (Ramírez-Montoya, 2016). El desarrollo de la competencia de razonamiento para la complejidad implica la formación de un profesional capaz de aplicar un pensamiento integrador que posibilite el análisis, síntesis y solución de problemas y el aprendizaje continuo a través del dominio de las habilidades cognitivas necesarias para utilizar el pensamiento científico, crítico y sistémico (Tecnológico de Monterrey, 2019; Vázquez-Parra, et. al, 2022). Además, se integra en dicha competencia el pensamiento innovador, que resulta clave en la formación de los universitarios (Ramírez-Montoya, et. al., 2022). Tanto las competencias de investigación como de razonamiento para la complejidad resultan muy valiosas para el perfil de los universitarios.

La competencia de razonamiento para la complejidad forma parte de las competencias eje en el Modelo Tec 21. Está constituida por cuatro tipos de pensamiento: (a) Pensamiento sistémico, en el cual es importante considerar a las partes, pero también al todo, al sistema en su conjunto (Izvorska, 2016; Jaaron and Backhouse, 2018), (b) Pensamiento científico, que privilegia que los estudiantes sean capaces de utilizar el método científico con rigor (Koerber et al., 2015; Suryansyah et al., 2021), (c) Pensamiento crítico, que busca analizar diferentes perspectivas para detectar falacias y establecer argumentos sólidos (Sellars et al., 2018; Straková and Cimermanová, 2018) y (d) Pensamiento innovador, que busca desarrollar e implementar soluciones creativas (Reynolds, 2011). Para el desarrollo de esta competencia y de las competencias de investigación la tecnología puede constituir un recurso de apoyo.

Otro aspecto fundamental en el presente estudio es la utilización de la inteligencia artificial y la robótica social para mejorar el desarrollo de las competencias de investigación y de razonamiento para la complejidad en universi-

tarios. La inteligencia artificial se ha aplicado a la educación para favorecer el desarrollo de habilidades, siendo algunas de sus aplicaciones el aprendizaje diferenciado e individualizado, la realización de tareas administrativas automatizadas, actividades de asesoría, entre otras aplicaciones (Marr, 2018). El éxito o la popularidad del uso de la robótica social en escenarios educativos universitarios radica principalmente en que se ha mostrado que promueve un aprendizaje activo, la presentación del contenido es diferente a lo usual, incrementa la motivación, el interés y la creatividad, así como la atención en los temas que se imparten, favoreciendo a su vez competencias como pensamiento crítico, habilidades digitales y trabajo en equipo (Johal, 2020; López-Caudana, et al., 2020; López-Caudana, et al., 2021; Ponce, et al., 2022). Los estudiantes y docentes aún no están muy familiarizados con dichas tecnologías emergentes y precisamente por ello resulta valioso investigar respecto al impacto que pueden tener en el desarrollo de competencias en universitarios.

2.2 Planteamiento del problema

El escenario complejo al que nos enfrentamos después de la pandemia por COVID-19 y otras situaciones de crisis lleva a reflexionar acerca de las estrategias y recursos que pueden resultar útiles para hacer frente a los presentes desafíos e incluso a retos futuros. En este sentido, surge el planteamiento de indagar en torno a cómo pueden favorecer el desarrollo de competencias en universitarios tecnologías emergentes como la robótica social y la inteligencia artificial, específicamente para contribuir al desarrollo de competencias transversales como las competencias de investigación y la competencia de razonamiento para la complejidad.

2.3 Método

Para esta investigación se utilizó un enfoque mixto, ya que se aplicaron instrumentos cuantitativos y cualitativos. Los participantes contestaron un cuestionario de escala Likert denominado eComplexity para medir su percepción respecto a su nivel de dominio en torno a la competencia de razonamiento para la complejidad, dicho instrumento se aplicó como pre-test y post-test. Al finalizar el pilotaje los participantes respondieron un instrumento donde se indaga por el impacto de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs), la Robótica Social (RS) y la In-

teligencia Artificial (IA) además de su relación con el razonamiento para la complejidad para mejorar los procesos de aprendizaje.

Así, 34 participantes culminaron el pilotaje estructurado en tres clases. La primera ofrecida de manera asincrónica con uso intensivo de TICs, acompañamiento de RS, y encuestas para aplicar IA. La segunda sesión también asincrónica con uso intensivo de TICs y acompañamiento de RS. Por último, la tercera sesión fue sincrónica, con uso intensivo de TICs, acompañamiento de RS, y la aplicación de IA con actividades a la medida tras perfilar a cada estudiante (véase Figura 1). El tema central que se abordó en las sesiones fue: “El desarrollo de artículos e investigación científica” pero en paralelo también se abordaron puntos importantes que corresponden a la competencia de razonamiento para la complejidad, como el pensamiento crítico para identificar fuentes de información rigurosas y el pensamiento sistémico para poder tomar en consideración todos los elementos que conforman una investigación para poder estructurar un artículo.

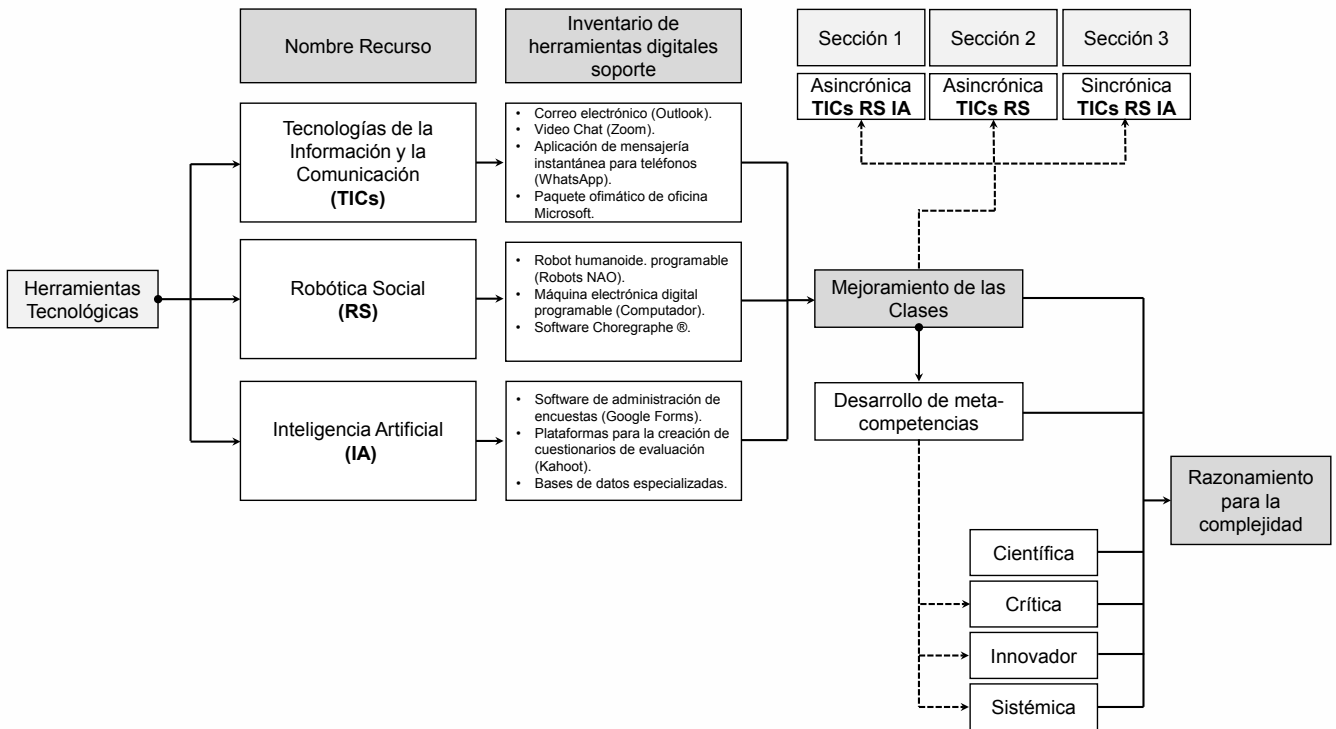


Figura 1. Herramientas tecnológicas empleadas en las secciones para el desarrollo de competencias.

Los instrumentos cualitativos se integraron por entrevistas a profesores y grupos de discusión con estudiantes de diferentes áreas disciplinares. El marco de la investigación se constituyó por instituciones de educación superior en México y España, lo cual se muestra en la Figura 2.

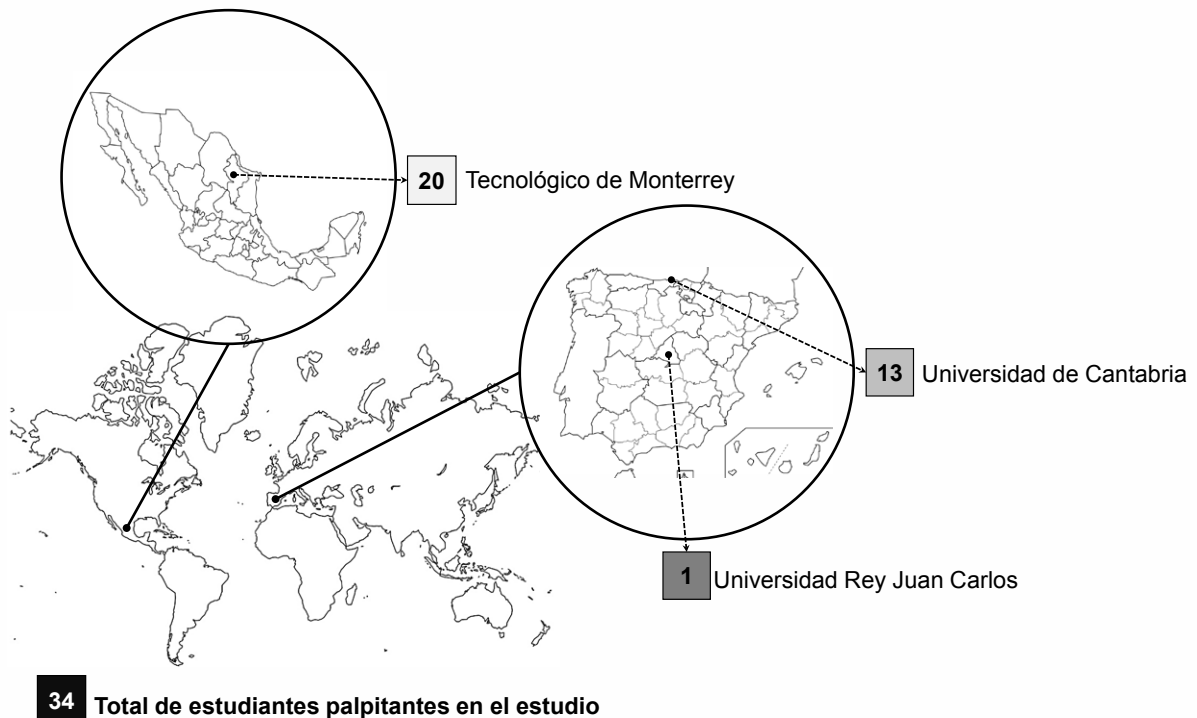


Figura 2. Origen de los estudiantes y total de encuestados en el estudio.
Fuente: elaboración propia.

2.4 Resultados

La utilización de tecnologías emergentes para el desarrollo de la competencia de razonamiento para la complejidad fue un aspecto medular en el presente estudio como se ha abordado en apartados anteriores. A continuación, se muestran los resultados que surgen de la investigación.

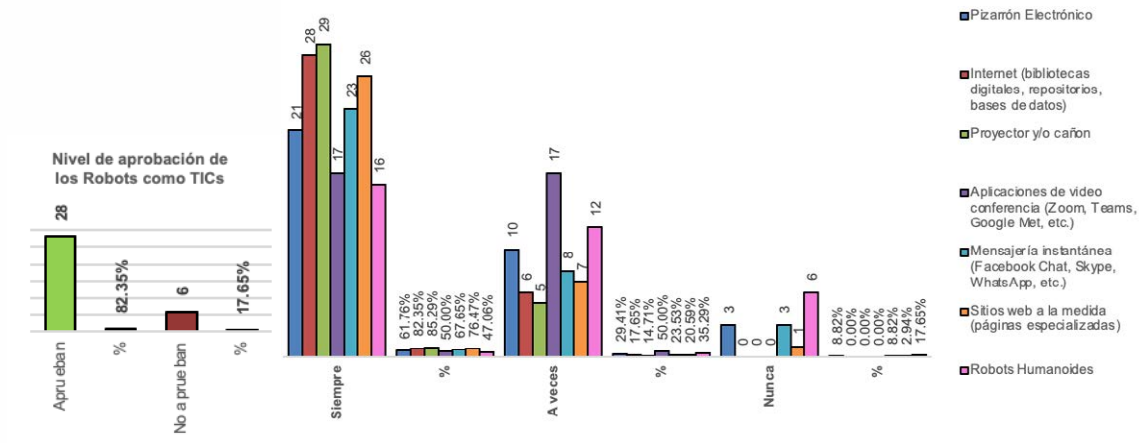


Figura 3. Herramientas TICs que se consideran atractivas para mejorar las clases.

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 3 puede observarse cuáles herramientas tecnológicas son más atractivas para los estudiantes encuestados. El hecho de que los robots humanoides esté en el último sitio puede derivarse de la poca familiaridad que tienen los universitarios con esta herramienta, en contraste con otros recursos como el proyector, el cual utilizan con frecuencia los profesores o el internet, al cual tienen necesidad de acceder continuamente los estudiantes para poder realizar sus actividades académicas.

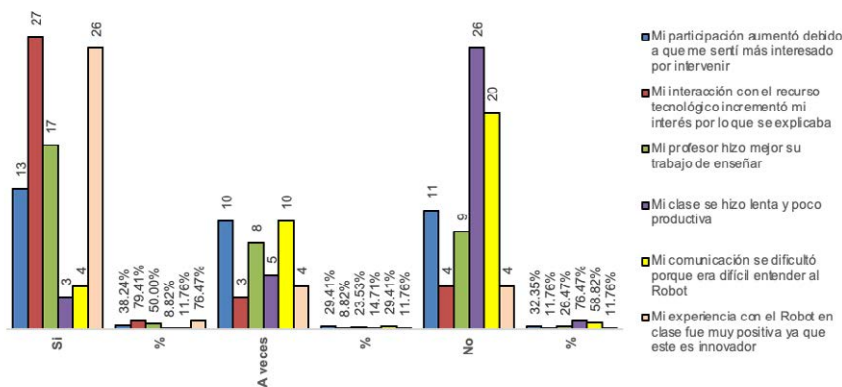


Figura 4. Percepción sobre la herramienta de RS desde la experiencia y percepción del estudiante.

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4 se pueden identificar aspectos importantes respecto a lo que los participantes percibieron en torno al uso de la Robótica Social (RS). La motivación por los temas abordados se incrementó gracias a la utilización de la RS y la experiencia se consideró muy positiva debido al carácter innovador en un 76.47% de los encuestados. Sin embargo, la herramienta no propició necesariamente una mayor participación y no se considera que el profesor haya mejorado su trabajo de enseñar gracias al acompañamiento de robots humanoides.

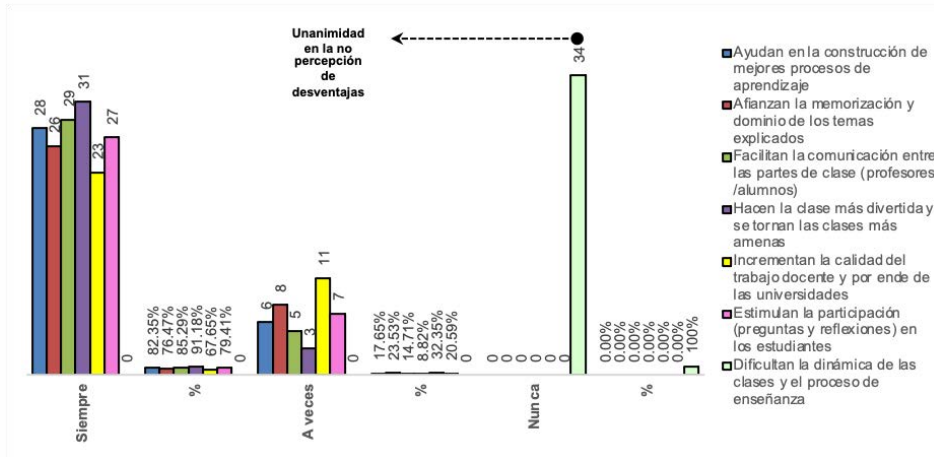


Figura 5. Herramientas de IA y situaciones que experimentan los estudiantes en las clases.
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 5 se puede observar que hubo una respuesta muy favorable respecto a la utilización de Inteligencia Artificial (IA) para el desarrollo de competencias. A diferencia de la Robótica Social (RS), los participantes consideran que la IA sí incrementa la calidad del trabajo docente y sí estimula la participación en los estudiantes. Otro punto importante es que todos los encuestados coincidieron en que no existen desventajas de utilizar IA.

- A. Aumento en percepción de que el profesor y la institución proveedora están a la vanguardia en técnicas para enseñar y mejorar el aprendizaje.
- B. Interés general como estudiante por toda la puesta en escena (preparación) de clase por parte del profesor.
- C. Incremento de la atención como estudiante en clase.
- D. Aumento de la calidad del servicio en educación ofrecido por el profesor y la institución proveedora.
- E. Aumento en la sensación de que el tiempo corría más rápido en clase.
- F. Incremento en la sensación de memorizar más fácil ciertas ideas y conceptos.

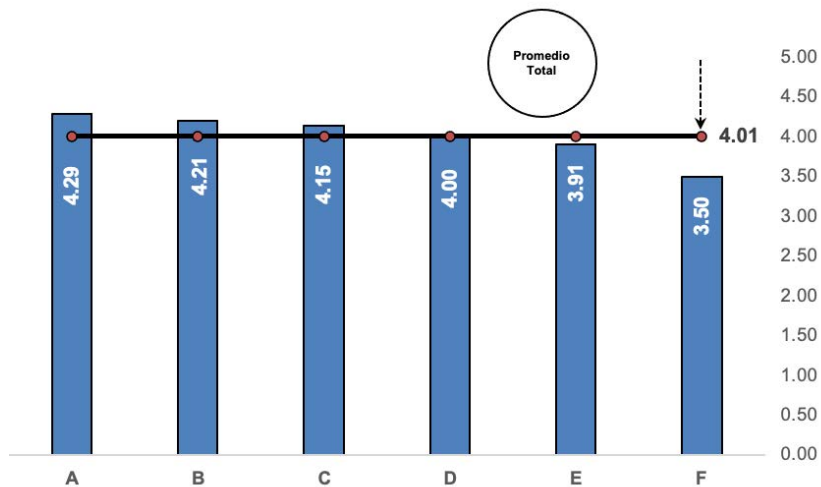


Figura 6. Puntuación promedio de los estudiantes respecto a ciertas situaciones tras la implementación de los recursos tecnológicos empleados en clase.
Fuente: elaboración propia.

La Figura 6 muestra que respecto a las situaciones que se indagaron entre los encuestados hubo una sobresaliente calificación general. La mitad de los promedios están arriba de una puntuación de 4 y la otra mitad se ubica encima del 3.5. Lo que indica que la mayoría de los estudiantes perciben que la implementación de los recursos tecnológicos en clase puede ser positivo para potenciar el aprendizaje.

2.5 Discusión

Las TICs que resultan más atractivas para los estudiantes son con las que están más familiarizados y utilizan con mayor frecuencia. Como puede observarse en la Figura 3, resultan más atractivos el proyector de diapositivas y el internet. La robótica social (RS) aparece en último plano. Sin embargo, el 82.35% de los participantes aprueban a los robots como TICs. La tecnología debe fungir como habilitador de cambio e innovación (Ljungqvist, 2021) que favorezca el aprendizaje y adquisición de competencias, para generar soluciones a diversas problemáticas. El hecho de que la RS esté en último sitio de preferencia, pero tenga un alto grado de aprobación, puede implicar que el uso de dicha tecnología aún requiere mayor implementación y por tanto mayor análisis.

La robótica social genera en los estudiantes mayor motivación para el aprendizaje. En la Figura 4 se muestra que la RS incrementó la motivación por los temas abordados y la experiencia se consideró muy positiva debido al carácter innovador en un 76.47% de los encuestados. La RS ha resultado exitosa en el contexto universitario debido a que presenta el contenido de manera diferente a la usual, promueve un aprendizaje activo, incrementa la creatividad, motivación, interés y atención en los temas que se imparten (Johal, 2020; López-Caudana, et al., 2020; López-Caudana, et al., 2021; Ponce, et al., 2022). La RS por tanto tiene potencial para favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje y adquisición de competencias.

La percepción de los estudiantes respecto al uso de inteligencia artificial en el proceso de enseñanza-aprendizaje es muy positiva. En la Figura 5 puede identificarse que los estudiantes no encontraron desventajas en el uso de IA, incluso perciben que la clase es más amena y que se incrementa la participación. La inteligencia artificial se ha aplicado a la educación para favorecer el desarrollo de habilidades, siendo algunas de sus aplicaciones el apren-

dizaje diferenciado e individualizado, la realización de tareas administrativas automatizadas, actividades de asesoría, entre otras aplicaciones (Marr, 2018). La inteligencia artificial es una herramienta que puede ser de gran apoyo para desarrollar competencias debido a que puede generar actividades de acuerdo con las características de cada estudiante e incrementa la motivación para aprender.

Los estudiantes perciben que se está a la vanguardia y que se genera mayor atención cuando se utilizan tecnologías como la RS y la inteligencia artificial. En la Figura 6 se puede observar que en general los estudiantes encuentran muy positivo el uso de RS y de IA. El puntaje más bajo se da en la parte de que se facilite la memorización de ciertas ideas y conceptos, pero incluso este aspecto está en un 70%. Para generar soluciones para los desafíos actuales se requiere el desarrollo de competencias (Bauman, 2007; Beck, 2019). La menor percepción respecto al apoyo que pueden brindar la RS y la IA para facilitar procesos memorísticos indica que son un buen recurso si se busca dejar de lado esa forma de educar para favorecer la educación basada en competencias.

3. Conclusiones

Se identificó que las TICs, RS e IA tienen una respuesta favorable por parte de los estudiantes. Sin embargo, no están entre las más atractivas, debido a la poca familiaridad y al uso poco frecuente. Sería valiosa una mayor implementación en las IES, cuidando que esté acorde a los objetivos de enseñanza-aprendizaje de los cursos.

Algunos aspectos que resultaron más destacables respecto a RS e IA por parte de los estudiantes es que incrementan la motivación para aprender y la atención en temas abordados. En el caso de IA incluso se percibe que mejora el trabajo docente e incrementa la participación. También se destacó el poder acceder a actividades diseñadas de acuerdo con sus características y necesidades. La RS e IA favorecen el proceso de enseñanza-aprendizaje y el desarrollo de competencias.

Una limitación del estudio es el tamaño de la muestra. Para estudios futuros se recomienda garantizar un mayor número de participantes. Para futuras investigaciones se pretende aplicar una rúbrica que ya no sólo mida la percepción, sino que mida los niveles de dominio respecto a las competencias, para poder finalmente generar

un modelo formativo innovador que favorezca el desarrollo de competencias de investigación y de razonamiento para la complejidad.

Referencias

- Aditya, B. R.; Ferdiana, R.; Kusumawardani, S. S. (2022). A barrier diagnostic framework in process of digital transformation in higher education institutions. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 14(2), 749-761. <https://doi.org/10.1108/JARHE-12-2020-0454>.
- Bauman, Z. (2007). *Tiempos líquidos vivir en una época de incertidumbre*. Barcelona Editorial Tusquets.
- Baker, T.; Smith, L.S. (2019). Educ-AI-tion Rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges. <https://www.nesta.org.uk/report/education-rebooted/>.
- Izvorska, D. (2016). Educational Researcher A Model for Development of Students' Professional Competence in Technical Universities. *Educational Researcher*, 45, 961-974. <https://www.researchgate.net/publication/314062909>.
- Jaaron, A.; Backhouse, C. (2018). Operationalisation of service innovation: a systems thinking approach. *The Service Industries Journal*, 38, 561-583. <https://doi.org/10.1080/02642069.2017.1411480>.
- Johal, W. Research Trends in Social Robots for Learning. *Curr Robot Rep* 1, 75-83 (2020). <https://doi.org/10.1007/s43154-020-00008-3>.
- Koerber, S.; Mayer, D.; Osterhaus, C.; Schwippert, K.; Beate, S. (2015). The Development of Scientific Thinking in Elementary School: A Comprehensive Inventory. *Child Development*, 86(1), 327-336. <https://doi.org/10.1111/cdev.12298>.
- Ljungqvist, M.; Sonesson, A. (2021). Selling out Education in the Name of Digitalization: A Critical Analysis of Swedish Policy, *Nordic Journal of Studies in Educational Policy*. <https://doi.org/10.1080/20020317.2021.2004665>.
- López-Caudana, E. O.; Baltazar Reyes, G.; Ponce, P. (2020). Socially Assistive Robotics: State-of-the-Art Scenarios in Mexico. <https://doi.org/10.5772/intechopen.91446>.
- López-Caudana, E.O.; Rodríguez-Abitia, G.; Martínez-Pérez, S.; Antón-Ares, P.; RamírezMontoya, M. S. (2021). Scenarios of the use of robotics as a support tool for teaching: challenges, learning and experiences in Mexico. In *Proceedings of the 9th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM 2021)*. University of Barcelona. Spain.
- Marr, B. (2018, May 30). How is AI used in education-Real world examples of today and a peek into the future. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/07/25/how-is-ai-used-in-education-real-world-examples-of-today-and-a-peek-into-the-future/?sh=4f341d84586e>.
- Ponce, P.; López-Orozco, C.F.; Reyes, G. E. B.; Lopez-Caudana, E.; Parra, N. M.; Molina, A. (2022). Use of Robotic Platforms as a Tool to Support STEM and Physical Education in Developed Countries: A Descriptive Analysis. *Sensors*, 22, 1037. <https://doi.org/10.3390/s22031037>.
- Ramírez-Montoya, M. S. (2016). Investigar: oportunidad para la generación de nuevo conocimiento. In J. R. Valenzuela (Ed.), *Competencias transversales para una sociedad basada en conocimiento* (pp. 67-87). Cengage Learning Editores. <https://doi.org/doi:10.26820/reciamuc/1.4.2017.729-749>.
- Ramírez-Montoya, M. S.; Castillo-Martínez, I. M.; Sana-bria-Z, J.; Miranda, J. (2022). Complex thinking in the framework of Education 4.0 and Open Innovation—A systematic literature review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(1), 4.
- Reynolds, M. (2011). Critical thinking and systems thinking: towards a critical literacy for systems thinking in practice.
- Rof, A.; Bikfalvi, A.; Marqués, P. (2022). Digital Transformation for Business Model Innovation in Higher Education: Overcoming the Tensions. *Sustainability*. 12(12). <https://doi.org/10.3390/su12124980>.
- Sellars, M.; Fakirmohammad, R.; Bui, L.; Fishetti, J.; Niyozov, S.; Reynolds, R.; Thapliyal, N.; Liu-Smith, Y. L.; Ali, N. (2018). Conversations on critical thinking: Can critical thinking find its way forward as the skill set and mindset of the century? *Education Sciences*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/educsci8040205>.
- Straková, Z.; Cimermanová, I. (2018). Critical thinking development-a necessary step in higher education transformation towards sustainability. *Sustainability (Switzerland)*, 10, 1-18. <https://doi.org/10.3390/su10103366>.
- Suryansyah, A.; Kastolani, W.; Somantri, L. (2021). Scientific thinking skills in solving global warming problems. *IOP Conference Series: Earth and Environmen-*

tal Science, 683(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/683/1/012025>.

Tecnológico de Monterrey. (2019). Razonamiento para la complejidad. In *Competencias Transversales. Una visión desde el modelo educativo TEC21. Documento guía para el docente de educación superior* (pp. 62–76).

Vázquez-Parra, J. C.; Castillo-Martínez, I. M.; Ramírez-Montoya, M. S.; Millán, A. (2022). Development of the Perception of Achievement of Complex Thinking: A Disciplinary Approach in a Latin American Student Population. *Education Sciences*, 12(5), 289.

Reconocimientos

Esta publicación es producto del proyecto “OpenResearchLab: innovación con inteligencia artificial y robótica para escalar niveles de dominio de razonamiento para la complejidad” (ID Novus N21-207), financiado por el Institute for the Future of Education, Tecnológico de Monterrey.