

ROBÓTICA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DESARROLLO DE LA ALTA CAPACIDAD

ROBOTICS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DEVELOPMENT OF GIFTEDNESS

María-Isabel Gómez-León

Universidad Internacional de La Rioja, Logroño, España.

isabel.gomez@unir.net

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7466-5441>

Resumen

Los estudiantes con alta capacidad (AC) podrían contribuir de una manera relevante en una sociedad dinámica que requiere de profesionales automotivados para realizar aprendizajes permanentes y producciones innovadoras. Sin embargo, existe una discrepancia entre el logro esperado basado en sus potenciales intelectuales y el rendimiento académico y profesional. Esta revisión bibliográfica analiza los beneficios de la integración de la robótica y la inteligencia artificial (IA) en la educación de los estudiantes con AC sobre las competencias más demandadas por el mercado laboral. Se revisan 24 estudios, siguiendo los criterios PRISMA. Los estudios muestran que la integración de la robótica y la IA en la educación de los estudiantes con AC favorece el aprendizaje profundo, la exploración creativa y la resolución de problemas reales con relevancia socioemocional, por lo que su integración en las prácticas educativas no sólo puede promover profesionales que sean tecnológicamente expertos, sino también emocionalmente inteligentes y socialmente competentes para enfrentarse a las complejidades y las necesidades de una sociedad en continuo cambio.

Palabras clave: alta capacidad; superdotación; talento; inteligencia artificial; robótica; pensamiento computacional; tecnología; desarrollo; educación; intervención.

Abstract

Highly gifted students could contribute significantly to a dynamic society that requires self-motivated professionals dedicated to lifelong learning and innovative productions. However, there is a discrepancy between the expected achievement based on their intellectual potential and their academic and professional performance. This literature review analyzes the benefits and limitations of integrating robotics and artificial intelligence (AI) in the education of gifted students, focusing on the competencies most demanded by the labor market. Twenty-four studies were analyzed following PRISMA criteria. Studies show that the integration of robotics and AI in the education of gifted students fosters deep learning, creative exploration, and real-world problem-solving with socio-emotional relevance. Therefore, their integration into educational practices can not only promote professionals who are technologically proficient, but also emotionally intelligent and socially competent to face the complexities and needs of an ever-changing society.

Keywords: high ability; giftedness; talented; artificial intelligence; robotics; computational thinking; technology; development; education; intervention.

Cómo citar este artículo/ citation: Gómez-León, María-Isabel (2025). Robótica e Inteligencia Artificial en el Desarrollo de la Alta Capacidad. ANDULI 27 (2025) pp.133-151.

<https://doi.org/10.12795/anduli.2025.i27.06>

1. INTRODUCCION

El rápido desarrollo tecnológico ha ampliado la noción de alfabetización en la educación para referirse al proceso de enseñar a los niños a programar y a utilizar el pensamiento computacional de manera que puedan resolver problemas utilizando la tecnología con la que viven, y vivirán, diariamente (Siegle, 2020). En este sentido cada vez cobra mayor relevancia la idea de que la educación debería enseñar habilidades para adquirir nuevos conocimientos de manera permanente y autónoma y habilidades para poder ajustar los objetivos a los nuevos cambios en tecnología que suceden a un ritmo rápidamente creciente (Renzulli, 2020). Una de las razones que lo justifica es la brecha actual existente entre las competencias adquiridas por los estudiantes graduados y las habilidades demandadas por las empresas (Shmatko y Volkova, 2020). La robotización y la inteligencia artificial (IA) se están desarrollando rápidamente y la demanda de robots y sistemas inteligentes se ha acelerado considerablemente. Por lo que se necesitan personas capaces de crear y mantener estos dispositivos avanzados. La amplia gama de aplicaciones de los dispositivos y sistemas robóticos determina la gran variedad de conocimientos y habilidades que deben poseer los profesionales. Más allá de la falta de conocimientos y capacidades técnicas específicas, como habilidades de programación y el dominio de software especializado, los empleadores han observado una carencia en el desarrollo de habilidades esenciales con valor a largo plazo, como la comunicación efectiva, la toma de decisiones, la resolución de problemas, el liderazgo, la automotivación, la voluntad de mejorar y ampliar constantemente los conocimientos, la creatividad, la inteligencia emocional y las habilidades de ética social.

La alta capacidad (AC) puede definirse como una potencialidad intelectual elevada en uno o más dominios del funcionamiento humano. Los estudiantes con AC pueden tener un alto potencial para desarrollar las habilidades del siglo XXI, es decir, habilidades de investigación, creativas, de pensamiento crítico e interpersonales, esenciales para aplicar conocimientos de diversas disciplinas en la solución de problemas reales (Gómez-León, 2022a; Renzulli, 2021). Estos estudiantes suelen sentirse atraídos por la programación porque les brinda la oportunidad de involucrar procesos mentales de abstracción, descomposición, pensamiento algorítmico, evaluación y generalización en los que son potencialmente eficientes y que, al mismo tiempo, son clave para el pensamiento computacional (Siegle, 2020). El pensamiento computacional está asociado con aptitudes en las que los estudiantes con AC destacan frente a la población normotípica: la capacidad visoespacial, la capacidad de razonamiento y la capacidad de resolución de problemas (Anomal et al., 2020; Román-González et al., 2017). Aprender a codificar no solo les permite resolver problemas, sino que también les ayuda a desenvolverse en un mundo cambiante que requiere su creatividad y agudeza mental (Siegle, 2023).

Desde una perspectiva constructivista el potencial de cada persona se moldea de manera dinámica y adaptativa en función de la exposición a desafíos y oportunidades ambientales, las limitaciones de las tareas y los dominios, las condiciones sociales y los esfuerzos dedicados y autodirigidos durante un periodo de tiempo prolongado (Dai, 2020; Gómez-León, 2020a). Por lo que existe un amplio consenso en que los estudiantes con AC deben recibir los apoyos educativos adecuados para poder contribuir de una manera relevante en una sociedad dinámica y basada en el conocimiento (Renzulli, 2021; Steenbergen-Hu et al., 2020).

Sin embargo, la identificación formal de los estudiantes con AC sigue siendo insuficiente, lo que impide que muchos de ellos se beneficien de las respuestas educativas

específicas que necesitan (García-Perales y Almeida, 2019). Algunos autores han señalado que incluso entre aquellos estudiantes que son identificados con AC se observa a menudo una discrepancia entre el logro esperado basado en su potencial intelectual y el rendimiento académico y profesional, lo que puede llevar a un desaprovechamiento significativo de su potencial. Entre las posibles causas se encuentran: la falta de intervenciones y metodologías educativas adecuadas y personalizadas que respondan a sus necesidades específicas; la escasez de recursos psicopedagógicos actualizados y efectivos para evaluar y apoyar a estos estudiantes; una formación docente insuficiente; y las actitudes de rechazo y prejuicios hacia los estudiantes de alta capacidad, tanto entre sus compañeros como entre algunos docentes, lo que puede llevar a la exclusión social y a la falta de apoyo (Steenbergen-Hu et al., 2020).

Como consecuencia, parte de la investigación en el área de la tecnología se ha centrado en el desarrollo de metodologías que contribuyan a mejorar el rendimiento académico y el bienestar general de los estudiantes con AC. Estas metodologías incluyen desde tareas sencillas de robótica mediante la programación por bloques, al uso y la creación de tecnologías avanzadas, como la IA. Algunos autores sostienen que estos sistemas podrían respaldar la educación personalizada, optimizar un aprendizaje integral y fomentar el desarrollo de habilidades excepcionales aplicables a situaciones del mundo real, lo que podría suponer una ventaja frente a los métodos y respuestas educativas tradicionales (Siegle, 2023; Renzulli, 2020). Otros, por el contrario, señalan que este tipo de tecnología podría menoscabar entre los estudiantes el desarrollo del pensamiento crítico y de habilidades de comunicación esenciales, como la comprensión lectora y la capacidad de expresar ideas (Castillejos López, 2022; Sternberg, 2024). ¿En qué medida la robótica y la IA podrían contribuir al desarrollo de funciones cognitivas de alto nivel como la autorreflexión, el pensamiento crítico y la creatividad, en estudiantes con AC?

El objetivo de este estudio es analizar los beneficios de la integración de la robótica y la IA en la educación de niños y adolescentes con AC sobre las habilidades *más demandadas en el mercado laboral* y recomendadas por la Organización Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (OCDE, 2019) para una educación de alta calidad.

2. MATERIALES Y METODOS

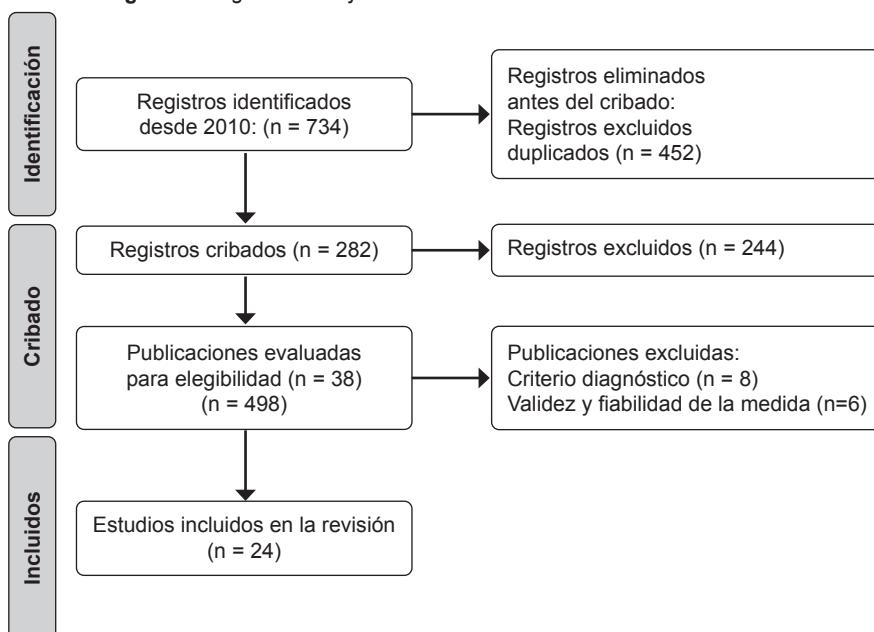
Se realiza una búsqueda exhaustiva en las bases de datos Scopus, Web of Science, PubMed, ERIC, IEEE Xplore y ACM Digital Library siguiendo los criterios establecidos en la declaración PRISMA. Se utilizan los términos (*gifted** OR talent OR high ability OR high intellectual ability) AND (robotics OR artificial intelligence OR intelligent tutoring systems OR robot OR social robot) AND (student OR child OR teenager). Los términos, la sintaxis y los operadores booleanos se adaptan en función de la base de datos. Se selecciona el intervalo de artículos publicados entre 2010 y 2024, ya que la implementación significativa y generalizada de la robótica y la IA en la educación ha ocurrido principalmente desde la década de 2010, con un crecimiento exponencial en los últimos años (Zhai et al., 2021).

Se incluyen investigaciones empíricas revisadas por pares y publicadas en revistas o actas de conferencias cuyo objetivo fuera estudiar el efecto de las intervenciones con robótica e IA en el desarrollo de la AC. Se aceptan todos los diseños de investigación y no hay restricción idiomática. Se excluyen estudios cuya muestra no represente

niños y adolescentes (de cero a 18 años) con AC, y aquellos estudios que sólo informen sobre datos de aceptabilidad y no proporcionen datos de eficacia o factibilidad.

Se identifica un total de 734 artículos, tras eliminar las referencias duplicadas quedan 452. Se realiza una primera selección a través del título y el resumen, excepto cuando no pueden ser extraídos los criterios de elegibilidad en el que se hace una lectura del artículo completo. Quedan 38 artículos que son analizados en función de su calidad metodológica. El riesgo de sesgo se evalúa teniendo en cuenta la asignación de las intervenciones, el cegamiento de los participantes, del personal y de los evaluadores del resultado, la validez y confiabilidad de las medidas de resultado, los datos de resultado incompletos, el sesgo de deserción y la notificación selectiva de los resultados. La muestra final está compuesta por 24 artículos (Figura 1).

Figura 1. Diagrama de flujo de información en la Revisión Sistemática



Fuente: elaboración propia

Los datos se clasificaron según las ocho habilidades y experiencias de aprendizaje recomendadas por la OCDE (OECD, 2019) para preparar a los estudiantes en la nueva era digital: habilidades de ciudadanía global, habilidades de innovación y creatividad, habilidades tecnológicas, habilidades interpersonales, aprendizaje personalizado y a su propio ritmo, aprendizaje accesible e inclusivo, aprendizaje colaborativo y basado en problemas y aprendizaje permanente e impulsado por los estudiantes.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio es analizar los beneficios de la integración de la robótica y la IA en la educación de niños y adolescentes con AC. Las investigaciones revisadas muestran que la educación en robótica e IA permite personalizar el aprendizaje

según el interés, el estilo de aprendizaje y el nivel de preparación/capacitación de los estudiantes. Todo ello dentro de un entorno de aprendizaje donde el estudiante aprende haciendo y viviendo experiencias concretas, lo que le convierte en un aprendiz social que contribuye al desarrollo de nuevos productos. Por lo tanto, los estudios revelan que estas experiencias desarrollan habilidades de pensamiento lógico, resolución de problemas y creatividad, pero también perseverancia, gestión del tiempo, y, cuando se realizan en grupo, colaboración y cooperación (ver Apéndice).

Sin embargo, no podría entenderse el alcance real del este avance tecnológico y metodológico sin tener en cuenta las necesidades de un mercado laboral que cambia rápidamente, por lo que los resultados se discuten en función de las ocho habilidades y experiencias de aprendizaje necesarias recomendadas por la OCDE (OECD, 2019) para una educación de alta calidad: habilidades de ciudadanía global, aprendizaje permanente e impulsado por los estudiantes, habilidades de innovación y creatividad, habilidades tecnológicas, habilidades interpersonales, aprendizaje personalizado y a su propio ritmo, aprendizaje accesible e inclusivo y aprendizaje colaborativo y basado en problemas.

3.1. Habilidades de ciudadanía global

Estas habilidades se refieren al desarrollo de la conciencia sobre el mundo en general, la sostenibilidad y el desempeño de un papel activo en la comunidad global.

La primera recomendación sobre ética en la aplicación de la IA aprobada por la UNESCO (2021) tuvo como objetivo proporcionar una base para que los sistemas de IA funcionaran para el bien de la humanidad, las personas, las sociedades, el medio ambiente y los ecosistemas, así como para prevenir daños. Lo que subraya la importancia de las habilidades éticas, sociales y reflexivas de los profesionales que trabajan con IA (Gómez-León, 2024).

Las investigaciones muestran que los estudiantes con AC pueden aportar soluciones innovadoras, éticas y útiles a problemas sociales y científicos importantes conectando las habilidades tecnológicas adquiridas con un propósito social más amplio (Şen y Ay, 2022; Sen et al., 2021; Yavuz y Usluel, 2024). Estudios anteriores (Gómez-León, 2022b) han mostrado que estos estudiantes obtienen puntuaciones de razonamiento moral significativamente más altas, y expresan preocupaciones morales a una edad más temprana y con mayor intensidad, que sus compañeros de capacidad promedio. La sensibilidad ética de estos niños deriva de una mayor capacidad empática, una visión más crítica y holística de los problemas y una mejor capacidad para evaluar consecuencias y alternativas a largo plazo. Por lo que podrían ser especialmente aptos para crear el tipo de tecnología que permitiera actuar de manera más coherente con los principios éticos humanos (Lee et al., 2024; Russell, 2019). Por ejemplo, participando en el diseño de robots sociales que apoyaran el desarrollo de la empatía desde la infancia temprana (Gómez-León, 2022b).

3.2. Aprendizaje permanente e impulsado por los estudiantes

Este tipo de aprendizaje implica una transición desde un sistema en el que el aprendizaje y la adquisición de competencias tienden a disminuir con el tiempo, hacia uno en el que se produce una mejora continua de las habilidades existentes y se adquieren otras nuevas en función de las necesidades y requerimientos personales.

En todas las investigaciones analizadas se observa una mayor participación activa y un aumento por el compromiso en las tareas en los estudiantes con AC cuando hacen uso de la robótica y la IA. Las investigaciones (Ramos et al., 2023; Steenbergen-Hu

et al., 2020; Zbainos y Beloyianni, 2018) han mostrado que, en los estudiantes con AC, el aprendizaje profundo y el compromiso por las tareas se predice tanto por la orientación hacia el dominio de la tarea como por la motivación por el aprendizaje. Estos estudiantes se caracterizan por tener orientaciones hacia el dominio de la tarea, que manifiestan emprendiendo actividades principalmente para dominar el contenido, aumentar la competencia o disfrutar de la sensación de aprender algo nuevo (Gómez-León, 2020b, 2020c; Renzulli, 2021; Steenbergen-Hu et al., 2020). Esta orientación les lleva a hacer uso de las estrategias de orden superior, integrales y reflexivas que subyacen al aprendizaje profundo (Fabio et al., 2022). Motivados por su curiosidad y su deseo de aprender, los estudiantes con AC suelen ir más allá de lo que se expone en clase, evalúan la información, se plantean cuestiones e intentan llegar a conclusiones y soluciones creativas (Şen y Ay, 2022), por lo que suelen mostrar más interés por crear aplicaciones que por depender de ellas (Siegle 2020, 2023).

3.3. Habilidades de innovación y creatividad

Dentro de esta categoría se engloban todas las habilidades necesarias para la innovación, incluida la resolución de problemas complejos, el pensamiento analítico, la creatividad y el análisis de sistemas.

Las intervenciones con robótica e IA muestran consistentemente mejoras en las habilidades de pensamiento creativo (fluidez, flexibilidad, elaboración y originalidad) de los estudiantes con AC (Abu Owda, et al., 2023; Ayoub et al., 2022; Babaoglu y Güven Yıldırım, 2023; Cross, 2017; dos Reis Taucei et al., 2015; Jagust et al., 2018; Jamali, 2019; Kim et al., 2015; Ramli et al., 2011; Sen et al., 2021; Seo y Lee, 2010). Los estudios reflejan que los estudiantes con AC no sólo buscan ideas novedosas y complejas, sino que también quieren expresar sus propias ideas de maneras únicas y elaboradas. En línea con este estilo de aprendizaje los académicos han recomendado que se les proporcionen tareas auténticas y abiertas que estén alineadas con sus necesidades específicas, como el desafío, el trabajo independiente y la creatividad. Por ejemplo, Lim et al., (2023) demostraron que los estudiantes con AC se benefician más que sus compañeros sin AC de entornos menos estructurados e instrucciones que priorizan la invención y la resolución de problemas que de entornos estructurados e instrucciones que priorizan los ejemplos resueltos.

De entre todas las posibilidades, la intervención robótica con LEGO ha sido la más estudiada. Los problemas abiertos y las innumerables formas en que se pueden combinar las piezas LEGO ofrecen la oportunidad de realizar actividades complejas adecuadas para estos estudiantes. Este tipo de intervenciones suelen ofrecer un clima creativo adecuado que incluye elementos como el tiempo, los recursos, la confianza y la colaboración apropiados para que los estudiantes puedan expresar sus ideas libremente y sin temor al fracaso. Este clima da la oportunidad de mostrar, desarrollar, apoyar y apreciar las actitudes creativas que luego darán lugar al pensamiento y a la producción creativa (Jamali, 2019).

3.4. Habilidades tecnológicas

Abarca todas las competencias relacionadas con el desarrollo de habilidades digitales, incluida la programación, la responsabilidad digital y el uso de la tecnología

Las investigaciones analizadas muestran que los estudiantes con AC mejoraron sus habilidades de pensamiento computacional, incluidas las capacidades de pensamiento crítico, creativo y resolución de problemas, después de haber participado en proyectos de robótica (Ayoub et al., 2022; Babaoglu y Güven Yıldırım, 2023; Choi y

Hong, 2015; Cross, 2017; dos Reis Taucei et al., 2015; Jagust et al. 2018; Jamali, 2019; Kandlhofer et al., 2019; Ramli et al., 2011; Sen et al., 2021; Tosunoğlu et al., 2022). Estos estudiantes hacían un uso activo de las habilidades de pensamiento crítico al proporcionar explicaciones, hacer asociaciones, cuestionar información, dar justificaciones, resolver problemas, pensar de forma creativa, hacer generalizaciones e intentar convencer a los demás. Además, se observó que utilizaban activamente sus habilidades de resolución de problemas, incluidas la definición del problema, la creación de soluciones y la evaluación de su eficacia.

Adicionalmente, las investigaciones muestran que la IA proporciona herramientas que permiten al estudiante acceder a diversas fuentes de información, reflexionar, establecer relaciones, desarrollar el pensamiento crítico y creativo y construir nuevos conocimientos en lugar de ser un mero consumidor de contenidos (Demszky et al., 2023; Sen & Kiray, 2021). Los estudios que investigan el efecto de los programas de enriquecimiento en estudiantes con AC han mostrado que los programas informáticos de IA, como ChatGPT, Bing, Claude, Llama, Gemini, Geogebra y Pixton, pueden proporcionar recursos y desafíos adicionales como contenido avanzado, aprendizaje personalizado, manipulación de imágenes, escritura creativa, pensamiento crítico, resolución de problemas, colaboración y habilidades de investigación y de tecnología avanzada (Abu Owda, et al., 2023; García-Perales y Almeida, 2019; Siegle, 2023).

3.5 Habilidades interpersonales

Estas habilidades se refieren a todas las relacionadas con la inteligencia emocional, incluida la empatía, la cooperación, la negociación, el liderazgo y la conciencia social.

Las investigaciones analizadas (Kilinc et al. 2020; Schüttler y Hausamann, 2020; Sen et al., 2021; Yavuz y Usluel, 2024) muestran que en actividades STEM colaborativas, estos estudiantes están abiertos a sostener diferentes puntos de vista con sus compañeros, a escuchar propuestas e ideas y a replantear sus propias perspectivas. Por lo que aceptan el desacuerdo como algo positivo, estimulante y enriquecedor. Además, suelen aceptar la responsabilidad de su trabajo y se implican en la resolución de los problemas, y en la búsqueda de información a través de recursos tecnológicos o de otras personas.

En proyectos de robótica colaborativa los estudiantes con AC participan en la resolución de problemas a través de comunicaciones abiertas y efectivas (Kilinc et al. 2020; Schüttler y Hausamann, 2020; Yavuz y Usluel, 2024). Comunicar nuevas ideas y difundirlas implica ser capaces de comprender lo que sus compañeros ya saben y guiarlos hacia nuevas comprensiones. Investigaciones anteriores (Gómez-León, 2020d; Guthrie, 2019) han mostrado que los estudiantes con AC poseen características que se consideran valiosas para mantener interacciones sociales competentes. Éstas incluyen habilidades lingüísticas y comunicativas desarrolladas, flexibilidad mental, habilidades metacognitivas, sensibilidad emocional, un alto nivel de razonamiento moral y una conciencia de sí mismos elevada. Como resultado, pueden asumir roles de liderazgo con facilidad y desarrollar una autoestima elevada (Gotlieb et al., 2016; Guy et al., 2019).

Adicionalmente, los estudios han mostrado que la naturaleza interactiva y práctica de la robótica proporciona una plataforma para la expresión, la comprensión y la regulación emocional (Schüttler y Hausamann, 2020; Yavuz y Usluel, 2024). Los robots sociales educativos pueden comunicarse con los estudiantes a través de señales socioemocionales, actúan como mediadores y animan a los estudiantes a interactuar entre sí y con la tecnología, de manera que promueven el desarrollo de la inteligencia

emocional y las competencias interpersonales. Por otra parte, codificar conductas emocionales en contextos sociales ayuda al estudiante a comprender sus propios mecanismos socioemocionales. Además, integrar la robótica en experiencias de realidad virtual y aumentada permitiría a los estudiantes practicar habilidades socioemocionales en entornos simulados, lo que les ayudaría a generalizar las competencias adquiridas en contextos reales.

3.6. Aprendizaje personalizado y a su propio ritmo

Implica avanzar desde un sistema educativo estandarizado a uno que se adapte a las diferentes necesidades y ritmos de aprendizaje de cada estudiante, brindando la flexibilidad necesaria para que cada uno prospere a su propio tiempo.

La robótica y la IA proporcionan entornos de enseñanza personalizados e innovadores que promueven aprendizajes autónomos en sintonía con las necesidades, posibilidades y los intereses de los estudiantes con AC y con los desafíos de la sociedad contemporánea. Por ejemplo, Cross (2017) diseñó un programa de robótica creativa, *Arts & Bots*, que podía ser integrado en los cursos obligatorios estándar de la escuela. De esta manera los estudiantes podían descubrir nuevas áreas de interés y autoexpresión, y, al mismo tiempo, los docentes podían reconocer los talentos de los estudiantes y apoyar estas habilidades. Además, la IA puede ayudar a los profesores a obtener información valiosa sobre el proceso de aprendizaje de sus estudiantes, lo que les permite mejorar sus métodos de enseñanza y, en última instancia, el rendimiento de los estudiantes. Por ejemplo, *Korbit* es un sistema de tutoría inteligente que identifica patrones en las interacciones de los estudiantes con la plataforma. Este sistema puede descubrir las metas, el compromiso y las tendencias de aprendizaje de los estudiantes y generar comentarios personalizados e intervenciones pedagógicas para los instructores, lo que permite a los docentes adaptar de manera proactiva sus estrategias de enseñanza (Kochmar et al., 2022).

Los proyectos de robótica e IA generativa se basan principalmente en el aprendizaje basado en problemas, ofreciendo a los estudiantes con AC la oportunidad de realizar creaciones avanzadas y complejas, algo especialmente relevante para los estudiantes con AC que prefieren trabajos más desafiantes que los alumnos sin AC. Por ejemplo, la clave para avanzar en la programación de IA radica en comprender cómo se desarrollan las habilidades humanas en la toma de decisiones y la resolución de problemas. Este tipo de actividades apoyan el desarrollo de la metacognición, una capacidad que aparece precozmente en los niños con AC y que les permite autorregular su aprendizaje (Steenbergen-Hu et al., 2020).

En el contexto del aprendizaje presencial basado en problemas, Choi,y Lee (2015) encontraron que el compromiso de los alumnos con AC mejoraba cuando percibían que la actitud docente intentaba relacionar el contenido de aprendizaje con las metas e intereses de los alumnos, en lugar de centrarlas en la evaluación inmediata. En este contexto, las acciones del docente que reconocen el valor social de las tareas, alientan la curiosidad, proporcionan respuestas adecuadas y fomentan el pensamiento crítico e independiente promueven un aprendizaje en profundidad (Gotlieb et al., 2016).

Además, considerando el éxito de los estudiantes con AC en diferentes campos, y la creciente demanda de profesionales con conocimientos interdisciplinarios, también en áreas tradicionalmente no asociadas a las profesiones STEAM (como por ejemplo, humanidades, ciencias sociales, gestión o diseño), las intervenciones de robótica e IA están abiertas a diferentes disciplinas como el arte y la música (Jagust

et al., 2018), la arquitectura (Senne y Coxon, 2015), la literatura (Sarica et al., 2024), o la aeronáutica (Schüttler y Hausmann, 2020).

Por último, entre las herramientas de IA más interesantes y punteras se encuentran los sistemas de tutoría inteligente a través de plataformas de aprendizaje, avatares o robots sociales. Estos tutores son flexibles y adaptables, proporcionando un currículum apropiado en términos de complejidad, habilidades de pensamiento de orden superior y recursos especializados (Choi,y Lee, 2015). Las plataformas de tutoría inteligente pueden proporcionar materiales de todos los niveles de complejidad; permiten el acceso a estudiantes de todo el mundo y expertos de diversos campos; aportan retroalimentación en tiempo real, lo que es crucial para mejorar la metacognición y la autorregulación; y suponen una oportunidad para aprender a usar software o equipos especializados que reflejan los patrones de pensamiento de los estudiantes. Adicionalmente, los avances en IA suponen un gran avance hacia la integración de las competencias socioemocionales en el currículum (Al Hamad et al., 2024). Los sistemas inteligentes rastrean la atención de los estudiantes y detectan emociones como la frustración, el interés o el aburrimiento, adaptando el contenido y la instrucción a las necesidades del estudiante y fomentando el compromiso y la motivación por el aprendizaje.

3.7. Aprendizaje accesible e inclusivo

Se refiere al paso de un modelo educativo que restringe el aprendizaje solo a quienes pueden acceder a la educación presencial, a uno que brinde acceso al conocimiento de manera universal, garantizando así la inclusión de todas las personas.

El acceso a la robótica y la IA puede verse afectado por la baja prevalencia de casos identificados con AC (García-Perales & Almeida, 2019), la predominancia de cifras de sexo masculino sobre el femenino y la influencia de la raza y el estatus socioeconómico en la identificación de la AC (Anderson, 2020). Solo dos de los 24 estudios analizados explicitó haber incluido en su muestra estudiantes que pertenecían a grupos tradicionalmente subrepresentados dentro de la AC (en género, raza o nivel socioeconómico) (Coxon, 2012; Coxon et al., 2018). Las puntuaciones medias de ganancia después de haber participado en actividades de robótica no fueron significativamente diferentes a las de los grupos tradicionalmente representados en la AC (blancos, asiáticos y sin ayudas económicas).

Además, las disparidades de género en los campos STEM persisten, donde las mujeres representan menos del 25% en las medias internacionales y el 15,6% en España (OCDE, 2023). De los 24 estudios analizados tres se han realizado exclusivamente con mujeres, en todos ellos se han hallado ganancias en la flexibilidad mental, resolución de problemas, y creatividad después interactuar con la robótica (Ayoub et al., 2022; Jamali, 2019; Kim et al., 2015). En el resto de los estudios no se observan diferencias significativas en las variables evaluadas en función del sexo. Excepto en el estudio de Coxon (2012), donde los niños, pero no las niñas, que habían participado en actividades de robótica presentaron mejoras significativas en la habilidad espacial, con un tamaño de efecto grande.

La formación online (*e-learning*) brindan a los estudiantes con AC oportunidades para acceder a plataformas educativas y bases de datos que satisfagan sus necesidades y estilos de aprendizaje individuales, promoviendo de esta manera la automotivación para el aprendizaje. Además, brindan a los estudiantes oportunidades de aprendizaje avanzado a través de la exploración independiente de los contenidos, la construcción de conocimientos mediante la resolución de problemas y la expresión creativa. Por

ejemplo, *Scratch* tiene una comunidad de programación en línea diseñada para estudiantes de 8 a 16 años (scratch.mit.edu) que refleja los entornos enriquecedores que necesitan los estudiantes con AC. La facilidad para compartir sus creaciones dentro de la comunidad motiva a los estudiantes y les ofrece oportunidades para aprender de los demás. Adicionalmente, Scratch proporciona una plataforma abierta para que los niños con AC creen experiencias autodirigidas, lo que les permite desarrollar fácilmente programas informáticos sofisticados. Las investigaciones han mostrado que el uso de Scratch mejora la creatividad (Avçu y Er, 2020; Choi y Hong, 2015), la resolución de problemas y las habilidades de pensamiento analítico, en concreto, las dimensiones de ordenamiento, clasificación, comparación y evaluación (Kocaman, 2023; Wang et al., 2014).

Siegle (2020) propone el uso de plataformas de codificación gratuitas que no solo permiten a los estudiantes de todas las edades comenzar a practicar la codificación, sino que también les permite crear sus propias aplicaciones y observar de inmediato los resultados de sus esfuerzos con experiencias auténticas. Estas plataformas tienen enlaces a tutoriales que enseñan a los estudiantes cómo crear una amplia gama de aplicaciones. La sofisticación de las aplicaciones está limitada únicamente por la creatividad y perseverancia de los estudiantes. Por ejemplo, *MIT App Inventor* (<https://appinventor.mit.edu/>) permite a los estudiantes explorar las posibilidades de la IA, con *Thunkable* (<http://thunkable.com>) los estudiantes pueden crear aplicaciones que utilicen cualquiera de las funciones especiales de su dispositivo móvil, como la cámara, el micrófono, el giroscopio, el acelerómetro y el temporizador. Otros autores proponen el uso de la creación digital con microcontroladores programables (como *Arduino*, *BBC micro:bit*, etc.) que ayudan a los niños a aprender sobre tecnología digital mientras crean dispositivos portátiles, robótica, sensores ambientales y más (Ball, et al., 2024).

Además, existe una tendencia prometedora de que cada vez más robots se convierten en código abierto. Esto podría atribuirse al aumento de hardware asequible y fácil de usar, como los microcontroladores *Arduino* (<https://www.arduino.cc>) y *Raspberry Pi* (<https://www.raspberrypi.org/>), así como al impulso de un software bien documentado, más reutilizable y de código abierto escrito en plataformas estándar como ROS (*Robot Operating System*; <https://www.ros.org>) y YARP (*Yet Another Robot Platform*; <https://github.com/microsoft/reverse-proxy>).

El aprendizaje en línea a través de sistemas de tutoría inteligente también se utiliza activamente como una forma de ampliar las oportunidades para la educación de estudiantes con AC. Estos sistemas aprovechan el aprendizaje automático de última generación y las técnicas de procesamiento del lenguaje natural para brindar a los estudiantes una retroalimentación personalizada utilizando sugerencias y explicaciones (Kochmar et al., 2022). Choi, y Lee (2015) estudiaron el efecto de un sistema de tutoría inteligente en el uso de estrategias de aprendizaje profundo de 249 estudiantes con AC. Los autores descubrieron que el tipo de estrategia de motivación utilizada por el tutor produjo resultados diferentes dependiendo de la capacidad del alumno. En el caso de los alumnos con AC, la motivación extrínseca del instructor, relacionada con la percepción de participación en clase y las calificaciones académicas, redujo la implicación del alumno en el aprendizaje profundo, mientras que la motivación intrínseca, relacionada con el contenido de aprendizaje y la retroalimentación continua, tuvo un efecto positivo en el nivel de aprendizaje integral y reflexivo (aprendizaje profundo). Esto enfatiza el papel del tutor inteligente para ayudar a crear estructuras de conocimiento, aclarar el conocimiento y promover la reflexión y la indagación. Más aún, apoya el papel de la IA para proporcionar retroalimentación

individual a estudiantes con AC que comprenden rápidamente los contenidos de aprendizaje, permitiéndoles participar en un aprendizaje más profundo y significativo.

3.8. Aprendizaje colaborativo y basado en problemas

Hace referencia a la transición de un modelo de entrega de contenido basado en procesos a un enfoque basado en proyectos y resolución de problemas, lo cual requiere colaboración entre pares y refleja de una manera más realista el futuro del ámbito laboral.

Las investigaciones hacen énfasis en el aprendizaje basado en problemas o en la educación STEM (Şen y Ay, 2022) para enseñar conceptos y usos de la IA, no de forma aislada, sino contextualizada. La educación STEM se lleva a cabo dentro de un contexto interesante y motivador basado en el conocimiento y las experiencias individuales de los estudiantes con el rol del docente como facilitador del proceso de aprendizaje. Con estos programas se pretende brindar a los estudiantes la oportunidad de descubrir y desarrollar tecnología adecuada para resolver problemas complejos de la vida real, aumentando la comprensión y apropiación de temas y conceptos. Tener la posibilidad de utilizar lenguaje computacional para simular, probar y validar hipótesis transforma el aula en un laboratorio de experimentos computacionales. Las investigaciones muestran que la educación STEM fomenta en los estudiantes con AC la capacidad de producir ideas originales, proyectos innovadores y soluciones prácticas, en lugar de simplemente consumir y reproducir conocimientos (Coxon et al., 2018; Şen y Ay, 2022; Robinson et al., 2014; Sen et al., 2021). Además, este enfoque interdisciplinario enfatiza la interconexión del conocimiento técnico y humanístico, contribuyendo a una experiencia educativa integral (Tran et al., 2024). Şen y Ay (2022) observaron que los estudiantes con AC que habían participado en actividades de IA a través del enfoque STEM eran capaces de hacer asociaciones interdisciplinarias y asociarlas con la vida real, de modo que resolvían problemas teniendo en cuenta los problemas sociales y ambientales futuros.

4. CONCLUSIONES

Uno de los propósitos de la educación para la AC es el desarrollo de una generación de estudiantes excepcionales motivados por realizar avances innovadores y revolucionarios en el conocimiento para mejorar la sociedad. Este estudio tuvo como objetivo analizar los beneficios de la integración de la robótica y la IA en la educación de niños y adolescentes con AC sobre las habilidades más demandadas en el mercado laboral y recomendadas por la OCDE para una educación de alta calidad.

Si bien la evidencia sobre la eficacia y la escalabilidad de la robótica, y más especialmente de la IA, en contextos reales es aún limitada, las investigaciones revelan los beneficios de estas tecnologías para desarrollar las habilidades del siglo XXI en estudiantes con AC. Estas habilidades comprenden la capacidad para aprender con la robótica y la IA (usando estas herramientas en el aula), aprender sobre la robótica y la IA (sus tecnologías y técnicas) y prepararse para la robótica y la IA (desarrollar habilidades para comprender mejor el potencial y el impacto de estas tecnologías en la sociedad).

Además, el uso de sistemas de tutoría inteligente, robots de código abierto y plataformas de codificación gratuitas brindan la oportunidad de un aprendizaje personalizado, autónomo y automotivado donde los estudiantes pueden expresar su creatividad, resolver problemas y compartir conocimientos dentro de una comunidad.

La integración de la robótica y la IA en las prácticas educativas de los estudiantes con AC podría promover profesionales que no sólo fueran tecnológicamente expertos, sino también emocionalmente inteligentes y socialmente competentes y preparados para enfrentarse a las complejidades de un mundo cuya única constante es el cambio.

Sin embargo, para poder integrar con éxito la robótica y la IA en la educación de los estudiantes con AC sería interesante analizar las limitaciones que surgen al implementar estas prácticas, desde el contexto experimental, a los planes de estudio y las prácticas educativas del sistema educativo actual.

FINANCIACIÓN

Esta investigación no recibió financiación externa.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

- Abu Owda, M. F., Abu Mousa, A. H., Shakfa, M. D., & Al-Hidabi, D. A. (2023). The Impact of Teaching Artificial Intelligence Concepts and Tools in Improving Creative Thinking Skills Among Talented Students. In *Technological Sustainability and Business Competitive Advantage* (pp. 267-279). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35525-7_16
- Al Hamad, N. M., Adewusi, O. E., Unachukwu, C. C., Osawaru, B., & Chisom, O. N. (2024). Bridging the gap: Using robotics to enhance emotional and social learning in K-12 education. *International Journal of Science and Research Archive*, 11(1), 231-243. <https://doi.org/10.30574/ijrsa.2024.11.1.0025>
- Anderson, B. N. (2020). "See Me, See Us": Understanding the Intersections and Continued Marginalization of Adolescent Gifted Black Girls in U.S. Classrooms. *Gifted Child Today*, 43(2), 86–100. <https://doi.org/10.1177/1076217519898216>
- Anomal, R. F., Brandão, D. S., Porto, S. B., de Oliveira, S. S., de Souza, R. F. L., Fiel, J. D. S., ... & Pereira Jr, A. (2020). The role of frontal and parietal cortex in the performance of gifted and average adolescents in a mental rotation task. *PLoS One*, 15(5), e0232660. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232660>
- Avcu, Y. E., & Er, K. O. (2020). Developing an Instructional Design for the Field of ICT and Software for Gifted and Talented Students. *International Journal of Educational Methodology*, 6(1), 161-183. <https://doi.org/10.12973/ijem.6.1.161>
- Ayoub, A. E. A., Abdulla Alabbasi, A. M., Alsubaie, A. M., Runco, M. A., & Acar, S. (2022). Enhanced open-mindedness and problem finding among gifted female students involved in future robotics design. *Roeper Review: A Journal on Gifted Education*, 44(2), 85–93. <https://doi.org/10.1080/02783193.2022.2043500>
- Babaoglu, G., & Güven Yildirim, E. (2023). The Effect on Gifted Students' 21st Century Skills of Supporting Science Teaching with LEGO® Education® BricQ Motion Essential and Student Opinions on This Instruction. *Science Insights Education Frontiers*, 15(2), 2305-2324. <https://doi.org/10.15354/sief.23.or216>.

- Ball, T., Finney, J., Hodges, S., Rubegni, E., Underwood, L., Everson, J., ... & Vishkaie, R. (2024, June). Imagining Inclusive Digital Maker Futures with the BBC micro:bit. In *Proceedings of the 23rd Annual ACM Interaction Design and Children Conference* (pp. 1032-1034). <https://doi.org/10.1145/3628516.3661156>
- Castillejos López, B. (2022). Inteligencia artificial y entornos personales de aprendizaje: atentos al uso adecuado de los recursos tecnológicos de los estudiantes universitarios. *Educación*, 31(60), 9-24. <https://dx.doi.org/10.18800/educacion.202201.001>
- Choi, K., & Lee, S. (2015). The Influence of Students' Perception of Tutor's roles on Deep Learning, Achievement, and Course Evaluation in Online Gifted Education Program. *Journal of Gifted/Talented Education. The Korean Society for the Gifted.*, 25(6), 857-879. <https://doi.org/10.9722/jgte.2015.25.6.857>
- Choi, Y., & Hong, S. H. (2015). Effects of STEAM lessons using scratch programming regarding small organisms in elementary science-gifted education. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 34(2), 194-209. <https://doi.org/10.15267/keses.2015.34.2.194>
- Coxon, S. V. (2012). The malleability of spatial ability under treatment of a FIRST LEGO league-based robotics simulation. *Journal for the Education of the Gifted*, 35(3), 291-316. <https://doi.org/10.1177/0162353212451788>.
- Coxon, S. V., Dohrman, R. L., & Nadler, D. R. (2018). Children using robotics for engineering, science, technology, and math: The development and evaluation of an engaging math curriculum. *Roeper Review*, 40(2), 86–96. <https://doi.org/10.1080/02783193.2018.1434711>
- Cross, J. L. (2017) Creative Robotic Systems for Talent-Based Learning (Doctoral dissertation, Carnegie Mellon University). Curby, T. W., Rudasill, K. M., Rimm-Kaufman, S. E., & Konold, T. R. (2008). The role of social competence in predicting gifted enrollment. *Psychology in the Schools*, 45(8), 729-744. <https://doi.org/10.1002/pits.20338>
- Dai, D. Y. (2020). Rethinking Human Potential from a Talent Development Perspective. *Journal for the Education of the Gifted*, 43(1), 19-37. <https://doi.org/10.1177/0162353219897850>
- Demszky, D., Liu, J., Hill, H. C., Sanghi, S., & Chung, A. (2023). Improving Teachers' Questioning Quality through Automated Feedback: A Mixed-Methods Randomized Controlled Trial in Brick-and-Mortar Classrooms. *EdWorkingPaper*, 23-875. <https://doi.org/10.26300/8pnw-5q67>
- dos Reis Taucei, J., Stoltz, T., & Gabardo, C. V. (2015). Creativity and education: interactive teaching practices with a gifted student. *Creative Education*, 6(21), 2263. <https://doi.org/10.4236/ce.2015.621234>
- Fabio, R. A., Croce, A., & Calabrese, C. (2022). Critical Thinking in Ethical and Neutral Settings in Gifted Children and Non-Gifted Children. *Children (Basel, Switzerland)*, 10(1), 74. <https://doi.org/10.3390/children10010074>
- García-Perales, R., & Almeida, L. (2019). An enrichment program for students with high intellectual ability: Positive effects on school adaptation. [Programa de enriquecimiento para alumnado con alta capacidad: Efectos positivos para el currículum]. *Comunicar*, 60, 39-48. <https://doi.org/10.3916/C60-2019-04>

- Gómez-León, M. I. (2020d). La soledad en la alta capacidad intelectual: Factores de riesgo y estrategias de afrontamiento. *Revista de Psicoterapia*, 31(117), 297-311. <https://doi.org/10.33898/rdp.v31i117.364>
- Gómez-León, M. I. (2022a). Alta capacidad intelectual desde la neuroimagen y la pedagogía diferencial. ¿Hablamos de lo mismo? *Revista Española de Pedagogía*, 80 (283), 451-473. <https://doi.org/10.22550/REP80-3-2022-02>
- Gómez-León, M. I. (2022b). Desarrollo de la empatía a través de la Inteligencia Artificial Socioemocional. *Papeles del Psicólogo*, 43(3), 218-224. <https://doi.org/10.23923/pap.psicol.2996>
- Gómez-León, M. I. (2024). ¿Tramposo e injusto? Entonces, es humano. Robots sociales educativos y ética sintética. *Revista Tecnología, Ciencia Y Educación*, (27), 167-186. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.18841>
- Gómez-León, M.I (2020a). Desarrollo de la alta capacidad durante la infancia temprana. *Papeles del Psicólogo*. 41(2),147-158 <https://doi.org/10.23923/pap.psicol2020.2930>
- Gómez-León, M.I (2020b). Bases psicobiológicas de la creatividad en los niños con altas capacidades. *Psiquiatría biológica*. 27(1), 28-33. <https://doi.org/10.1016/j.psiq.2020.01.004>
- Gómez-León, M.I (2020c). La psicobiología de la motivación en el desarrollo de las altas capacidades intelectuales. Revisión bibliográfica. *Psiquiatría biológica*. 27(2), 47-53. <https://doi.org/10.1016/j.psiq.2020.01.003>
- Gotlieb, R., Hyde, E., Immordino-Yang, M. H., & Kaufman, S. B. (2016). Cultivating the social-emotional imagination in gifted education: insights from educational neuroscience. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1377(1), 22-31. <https://doi.org/10.1111/nyas.13165>
- Guthrie, K. H. (2019). "Nothing is ever easy": Parent Perceptions of Intensity in Their Gifted Adolescent Children. *The Qualitative Report*, 24(8), 2080-2101. <https://nsuworks.nova.edu/tqr/vol24/iss8/16>
- Guy, C. J., Williams, J. y Shore, B. (2019). High- and Otherwise-Achieving Students' Expectations of Classroom Group Work: An Exploratory Empirical Study. *Roepers Review*, 41(3), 166-184. <https://doi.org/10.1080/02783193.2019.1622166>
- Jagust, T., Cvetkovic-Lay, J., Krzic, A. S., & Sersic, D. (2018). Using robotics to foster creativity in early gifted education. In *Robotics in Education: Latest Results and Developments* (pp. 126-131). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62875-2_11
- Jamali, U. A. Y. (2019). Fostering creativity using robotics among gifted primary school students. *Gifted and Talented International*, 34(1-2), 71-78. <https://doi.org/10.1080/1532276.2020.1711545>
- Kandlhofer, M., Steinbauer, G., Menzinger, M., Halatschek, R., Kemény, F., & Landerl, K. (2019, October). MINT-Robo: Empowering gifted high school students with robotics. In *2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE43999.2019.9028478>
- Kılınç, A., Şenol, A.K., Eraslan, M., & Büyük, U. (2013). Robotik destekli fen öğretimi: BİLSEM örneği [Robotic Assisted Science Teaching: The Case of SAC]. In *International Symposium on Changes and New Trends in Education*. (p. 65).

- Kim, Y., Kim, T., & Kim, J. (2015). Development and application of programming education program of robot for improvement of elementary school girls' creativity. *Journal of the Korean Association of Information Education*, 19(1), 31-44. <https://doi.org/10.14352/jkiae.2015.19.1.31>
- Kocaman, B. (2023). The effect of coding education on analytical thinking of gifted students. *International Journal of Educational Methodology*, 9(1), 95-106. <https://doi.org/10.12973/ijem.9.1.95>
- Kochmar, E., Vu, D. D., Belfer, R., Gupta, V., Serban, I. V., & Pineau, J. (2022). Automated data-driven generation of personalized pedagogical interventions in intelligent tutoring systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(2), 323-349. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00267-x>
- Lee, V. R., Pope, D., Miles, S., & Zárate, R. C. (2024). Cheating in the age of generative AI: A high school survey study of cheating behaviors before and after the release of ChatGPT. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, 100253. <https://doi.org/10.1016/j.caai.2024.100253>
- Lim, S. A., Jung, J. Y., & Kalyuga, S. (2023). Effectiveness of invention tasks and explicit instruction in preparing intellectually gifted adolescents for learning. *Instructional Science*, 51(6), 921-952. <https://doi.org/10.1007/s11251-023-09616-w>
- OECD (2019). *Estrategia de Competencias de la OCDE 2019: Competencias para construir un futuro mejor*, OECD Publishing, Paris/Fundación Santillana, Madrid, <https://doi.org/10.1787/e3527cfb-es>.
- OCDE., & Instituto Nacional de Evaluación Educativa (España). (2023). *Panorama de la educación. Indicadores de la OCDE 2023. Informe español*. Ministerio de Educación y Formación Profesional.
- Ramli, R., Yunus, M. M., & Ishak, N. M. (2011). Robotic teaching for Malaysian gifted enrichment program. *Procedia: Social and Behavioral Science*, 15, 2528–2532. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.139>
- Ramos, A., Lavrijsen, J., Linnenbrink-Garcia, L., Soenens, B., Vansteenkiste, M., Sypré, S., ... & Verschueren, K. (2023). * Motivational Pathways Underlying Gifted Underachievement: Trajectory Classes, Longitudinal Outcomes, and Predicting Factors. *Gifted Child Quarterly*, 67(3), 179-197. <https://doi.org/10.1177/00169862221132279>
- Renzulli, J. S. (2020). The catch-a-wave theory of adaptability: Core competencies for developing gifted behaviors in the second machine age of technology. *International Journal for Talent Development and Creativity*, 8(1), 79-95. <https://doi.org/10.7202/1076749ar>
- Renzulli, JS (2021). El papel del profesor en el desarrollo de habilidades cognitivas complejas en personas jóvenes. *Revista Española de Pedagogía*, 79 (278), 13-32. <https://doi.org/10.22550/REP79-1-2021-01>
- Robinson, A., Dailey, D., Hughes, G., & Cotabish, A. (2014). The Effects of a Science-Focused STEM Intervention on Gifted Elementary Students' Science Knowledge and Skills. *Journal of Advanced Academics*, 25(3), 189-213. <https://doi.org/10.1177/1932202X14533799>
- Román-González, M., Pérez-González, J. C., & Jiménez-Fernández, C. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the

- Computational Thinking Test. *Computers in human behavior*, 72, 678-691. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.047>
- Russell, S. (2019). It's not too soon to be wary of AI: We need to act now to protect humanity from future superintelligent machines. *IEEE Spectrum*, 56(10), 46-51. <https://doi.org/10.1109/MSPEC.2019.8847590>
- Sarica, H. Ç., Yavuz, G. Ö., & Usluel, Y. K. (2024). Gifted students' emotions and teacher interactions in robotics lessons: a digital storytelling workshop. In *EDULEARN24 Proceedings* (pp. 4334-4340). IATED. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2024.1083>
- Schüttler, T., & Hausmann, D. (2020). Providing Creative Environments for Young STEM Talents' Research Projects. *US-China Education Review*, 10(6), 260-272. <https://doi.org/10.17265/2161-623X/2020.06.002>
- Şen, C., & Ay, Z. (2022). Gifted and Talented Students' Views on Engineering Design-Oriented Integrated STEM. *Bartın University Journal of Faculty of Education*, 11(2), 364-383. <https://doi.org/10.14686/buefad.1020619>
- Sen, C., Ay, Z. S., & Kiray, S. A. (2021). Computational thinking skills of gifted and talented students in integrated STEM activities based on the engineering design process: The case of robotics and 3D robot modeling. *Thinking Skills and Creativity*, 42, 100931. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100931>
- Senne, J., & Coxon, S. V. (2015). Architecture. *Gifted Child Today*, 39(1), 31–39. <https://doi.org/10.1177/1076217515613385>
- Seo, Y. M., & Lee, Y. J. (2010). A subject integration robot programming instruction model to enhance the creativity of information gifted students. *The Journal of Korean association of computer education*, 13(1), 19-26.
- Shmatko, N., & Volkova, G. (2020). Bridging the skill gap in robotics: Global and national environment. *Sage Open*, 10(3), <https://doi.org/10.1177/2158244020958736>
- Siegle, D. (2020). There's an App for That, and I Made It. *Gifted Child Today*, 43(1), 64-71. <https://doi.org/10.1177/1076217519880587>
- Siegle, D. (2023). A role for ChatGPT and AI in gifted education. *Gifted Child Today*, 46(3), 211-219. <https://doi.org/10.1177/10762175231168443>
- Steenbergen-Hu, S., Olszewski-Kubilius, P., & Calvert, E. (2020). The effectiveness of current interventions to reverse the underachievement of gifted students: Findings of a meta-analysis and systematic review. *Gifted Child Quarterly*, 64(2), 132–165. <https://doi.org/10.1177/0016986220908601>
- Sternberg, R. J. (2024). Do Not Worry That Generative AI May Compromise Human Creativity or Intelligence in the Future: It Already Has. *Journal of Intelligence*, 12(7), 69. <https://doi.org/10.3390/jintelligence12070069>
- Tosunoğlu, E., & Yıldız Durak, H. (2022). Design, development, and implementation of a simulation application for gifted students in robotics teaching. *Computer Applications in Engineering Education*, 30(6), 1813-1832. <https://doi.org/10.1002/cae.22558>
- Tran, S., Tirado, J., Miyasato, H., & Lee, S. W. (2024). Students' perceptions of social issues in biology courses. *Journal of microbiology & biology education*, 25(1), e0019423. <https://doi.org/10.1128/jmbe.00194-23>

UNESCO. (2021). *Recuperar la educación en 2021: La educación en un mundo post-COVID-19.* <https://en.unesco.org/news/recovering-education-2021-education-post-covid-19-world>

Wang, H. Y., Huang, I., & Hwang, G. J. (2014, August). Effects of an integrated Scratch and project-based learning approach on the learning achievements of gifted students in computer courses. In *2014 IIAI 3rd International Conference on Advanced Applied Informatics* (pp. 382-387). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IIAI-AAI.2014.85>

Yavuz, G. Ö., & Usluel, Y. K. (2024). Innovative practices in robotics education: awareness of emotion and social emotional skills development in gifted students. In *EDULEARN24 Proceedings* (pp. 4300-4305). IATED. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2024.1078>

Zbainos, D., & Beloyianni, V. (2018). Creative ideation and motivated strategies for learning of academically talented students in Greek secondary school. *Gifted and Talented International*, 33(1-2), 3-14. <http://dx.doi.org/10.1080/15332276.2018.1547620>

Zhai, X., Chu, X., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., Istenic, A., Spector, M., ... & Li, Y. (2021). A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020. *Complexity*, 2021(1), 8812542. <https://doi.org/10.1155/2021/8812542>



© 2025 por los autores Licencia a ANDULI., Editorial de la Universidad de Sevilla. Es un artículo publicado en acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia “Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional”

ANEXO

Efectos de la robótica e IA en los estudiantes con AC

Autor, año	Muestra: n/edad	Diseño	Tecnología (VI)	Resultado (VD)
Abu Owda, et al., 2023	25 14	Cuasi-experimental	IA	Mejora de las habilidades de pensamiento creativo diferencia significativa tamaño de impacto de ($\eta^2 = 0,85$)
Ayoub et al., 2022	60 13-15	Cuasi-experimental	Robótica	Mejora de la flexibilidad mental, resolución de problemas, y creatividad (originalidad)
Babaoglu y Güven Yildirim, 2023	21 9	Cuasi-experimental	Robótica LEGO® Education® BricQ Motion Essential Set	Mejoró resolución de problemas, el pensamiento crítico, la creatividad y la colaboración
Choi,y Lee, 2015)	249 12-18	Cuasi-experimental	IA Sistema de Tutoría Inteligente	El rol del tutor que afecta el aprendizaje profundo es experto en la materia y la evaluación.
Coxon, 2012	38 AC.GE 37 AC.GC 9-14	Control aleatorizado	Robótica LEGO NXT kit	Los niños (pero no las niñas) del GE mejoran significativamente la habilidad espacial, ($d = 0.87$)
Coxon et al., 2018	45 9-10	Cuasi-experimental	STEM y Robótica WeDo 2.0 (ABP)	Diferencia significativa en el rendimiento en matemáticas, ($d = 0.72$)
Cross, 2017	284 12-14	Control aleatorizado	STEM y Robótica Arts & Bots y CREATE Lab Visual Programmer.	La orientación temprana hacia la tarea predice la AC.
dos Reis Taucei et al., 2015	1 13	Caso único	Robótica LEGO Mindstorms NXT GeoGebra	Mejora de la creatividad.
García-Perales y Almeida, 2019	9 AC.GE 9 AC.GC 27 GC 7 a 12	Control aleatorizado	IA. Geogebra y Pixton	La tecnología permitió individualizar el ritmo, procesos y contenidos de aprendizaje.
Hausamann, 2012	54 16-18	Estudio de caso	STEM y robótica	Mejora de las competencias técnicas y de la motivación por la tarea.
Jagust et al., 2018	15 8-10	Cuasi-experimental	Robótica Lego Mindstorms EV3, LittleBits, LEGO WeDo, Arduino, Drones	Mejora en pensamiento algorítmico, resolución de problemas y creatividad.

Autor, año	Muestra: n/edad	Diseño	Tecnología (VI)	Resultado (VD)
Jamali, 2019	15 11	Cuasi-experimental	Robótica LEGO WeDo 2.0	Diferencias significativas en habilidades de pensamiento creativo.
Kandlhofer et al., 2019	9 16	Cuasi-experimental	Robótica (ABP)	Mayor adquisición de los conceptos fundamentales de la robótica.
Kilinç et al., 2013	28 12-14	Estudio de caso	Robótica LEGO® NXT Mindstorms	Mejora en las habilidades de resolución de problemas y transferencia de aprendizaje.
Kim et al., 2015	12 AC.GE 17 GC 10-12	Control aleatorizado	Robótica Lego EV3 y Arduino	Aumento significativo de la creatividad (fluidez y originalidad).
Ramli et al., 2011	48 12-16	Cuasi-experimental	Robótica LEGO® NXT Mindstorms	Aumento de creatividad y sentido de logro.
Robinson et al., 2014	154 AC.GE 130 AC.GC 8-12	Control aleatorizado	STEM y robótica	Mejora en habilidades de proceso, conocimientos y conceptos científicos.
Sarica et al., 2024	12 12-14	Estudio de caso	Robótica	Aumentó la manifestación de emociones positivas, la curiosidad y la motivación por la tarea
Schüttler y Hausamann, 2020	11 16-18	Estudio de caso	STEM y Robótica	Mejora de competencias técnicas, habilidades de comunicación y evaluación.
Şen y Ay, 2022	7 12-13	Cuasi-experimental	STEM orientado al diseño de ingeniería	Pudieron hacer asociaciones interdisciplinarias y con la vida real.
Sen et al., 2021	7 12-13	Estudio de caso	STEM y robótica LEGO, modelado 3D	Uso activo de las habilidades de pensamiento crítico, creativo y resolución de problemas.
Seo y Lee, 2010	16 AC.GE 16 AC.GC 10-11	Control aleatorizado	Robótica	Mejora significativa de la creatividad y la motivación por la tarea. Resolución de problemas de materias de diferentes dominios.
Tosunoğlu y Yıldız Durak, 2022	- 12-16	Cuasi-experimental	Simulación para tecnologías robóticas	Aumento del rendimiento en robótica y de conciencia metacognitiva.
Yavuz y Usluel, 2024	75 12-14	Estudio de caso	Robótica	Aumentaron las habilidades de aprendizaje socioemocional.

n: Tamaño de la muestra; VI: variable independiente; VD: variable dependiente; GE: Grupo experimental; GC: Grupo control; ABP: Aprendizaje basado en problemas. Fuente: elaboración propia.

