



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

Aplicación de la Inteligencia Artificial en Matemáticas de la Educación Secundaria

Autor/es

PAULA TOLEDO MORENO

Director/es

MIGUEL MARAÑÓN GRANDES

Facultad

Escuela de Máster y Doctorado de la Universidad de La Rioja

Titulación

Máster Universitario de Profesorado, especialidad Matemáticas

Departamento

MATEMÁTICAS Y COMPUTACIÓN

Curso académico

2022-23



Aplicación de la Inteligencia Artificial en Matemáticas de la Educación Secundaria, de PAULA TOLEDO MORENO

(publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported.

Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.

© El autor, 2023

© Universidad de La Rioja, 2023

publicaciones.unirioja.es

E-mail: publicaciones@unirioja.es

Trabajo de Fin de Máster

Aplicación de la Inteligencia Artificial en Matemáticas de la Educación Secundaria

Application of Artificial Intelligence in Secondary Education Mathematics

Autora : *Paula Toledo Moreno*

Tutor: Miguel Marañón Grandes

MÁSTER:

Profesorado, Matemáticas

Escuela de Máster y Doctorado



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

AÑO ACADÉMICO: 2022/2023

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	1
1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN.	3
2. OBJETIVOS.....	5
3. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1 Inteligencia Artificial.	8
3.1.1 Escuelas de pensamiento de la IA.....	10
3.2 Aprendizaje Automático (Machine Learning) y Aprendizaje Profundo (Deep Learning).....	11
3.3 El papel de la IA dentro del ámbito educativo.	13
3.4 Aplicación de la IA en el aprendizaje de las matemáticas.....	16
3.5 Ventajas y desafíos de la aplicación de la IA en el ámbito matemático para niveles de secundaria.....	18
4. ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	23
5. METODOLOGÍA.	29
5.1 Objetivos del estudio.....	29
5.2 Enfoque y diseño.	30
5.3 Participantes y contexto.	32
5.4 Variables.	33
5.5 Recogida de información.	35
5.5.1 Instrumentos y procedimiento.....	35
5.6 Procedimiento y análisis de la información.	38
5.6.1 Tratamiento de información cuantitativa de la encuesta.....	38
5.6.2 Tratamiento de información cualitativa de la encuesta.	40
5.6.3 Tratamiento de información cualitativa del testeo de herramienta de IA para el aprendizaje de las matemáticas.	40
6. RESULTADOS.....	41
7. CONCLUSIONES.	53
8. REFERENCIAS.....	55
9. ANEXOS.	59

RESUMEN

La inteligencia artificial es uno de los principales temas de actualidad del momento. En estos últimos meses, esta tecnología ha evolucionado a pasos agigantados, lo que ha provocado su introducción y uso casi de manera inmediata en distintos ámbitos de la vida cotidiana. Por ello, y ante el desconocimiento que posee la mayor parte del cuerpo docente sobre ella, se lleva a cabo este trabajo de investigación acerca de su uso en el aprendizaje de las matemáticas para niveles de secundaria. A través de la realización de varias actividades, se persigue analizar el conocimiento y manejo que posee el alumnado de la inteligencia artificial. Además, se pretende estudiar a su vez de primera mano las ventajas e inconvenientes que ofrece.

PALABRAS CLAVE

Inteligencia artificial – Actualidad – Educación Secundaria – Ventajas – Inconvenientes – Aprendizaje matemático – Innovación

ABSTRACT

Artificial intelligence is one of the main current issues of the moment. In recent months, this technology has evolved by leaps and bounds, which has led to its almost immediate introduction and use in different areas of daily life. For this reason, and in view of the lack of knowledge that most teachers have about it, this research work is carried out on its use in the learning of mathematics at secondary school level. By means of several activities, the aim is to analyse the student's knowledge and use of artificial intelligence. In addition, the aim is to study at first hand the advantages and disadvantages it offers.

KEYWORDS

Artificial intelligence – News – Secondary education – Advantages – Disadvantages – Mathematical learning – Innovation

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN.

La Inteligencia Artificial (IA) es uno de los temas del momento. En los últimos años, esta tecnología ha evolucionado de manera exponencial, lo que ha permitido alcanzar en la época actual unos resultados y objetivos que en el pasado parecían utópicos. Con la mejora del manejo de grandes cantidades de datos y los avances en tecnología, la idea de crear máquinas capaces de pensar por sí mismas se ha convertido en una realidad.

Hoy en día, en la sociedad se utilizan herramientas de IA en la realización de acciones diarias como son el uso de asistentes de voz, la selección del modo retrato de la cámara de fotos de los móviles, la búsqueda de rutas óptimas en aplicaciones de geolocalización, la percepción de publicidad personalizada, etc. Todo ello ha provocado en la sociedad una necesidad de adaptación a estos nuevos avances, pues, al igual que ocurrió con la aparición de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la vida diaria, la sociedad se ve en la obligación de evolucionar y habituarse a los nuevos progresos tecnológicos, y con ella, también debe hacerlo el ámbito educativo.

Como bien recalca Vivar (2022) en su artículo sobre la inteligencia artificial y su aprendizaje en línea, uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), concretamente el número 4, busca garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad, promoviendo oportunidades de aprendizaje durante toda la vida, lo que implica en el estado actual la adaptación al uso continuo de tecnologías emergentes. Entre ellas cabe destacar la IA, la cual está tomando cada vez más fuerza en el ámbito educativo. Por ello, es importante que el cuerpo docente y alumnado traten de adaptarse a ella, pues podría llegar a convertirse en un gran aliado en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Como se ha comentado recién, la IA en los últimos años se ha convertido en un objeto de gran interés dentro del ámbito educativo. Concretamente, en el área de las matemáticas se ha producido un avance significativo gracias a la integración de las técnicas de IA, pues el funcionamiento de esta tecnología tan potente se basa principalmente en técnicas matemáticas muy variadas. Calabuig Rodríguez prevé que la experiencia del estudiantado mejorará gracias a esta tecnología, al ofrecerle la posibilidad de crear funciones y modelos adaptativos de aprendizaje a través del uso de herramientas personalizadas (2021). Mediante la utilización de la evaluación formativa, las herramientas de

aprendizaje adaptativo de IA serán capaces de detectar y analizar el progreso de un estudiante, utilizando posteriormente esos conocimientos para ofrecer al alumno experiencias de aprendizaje específicamente diseñadas para ayudarle. Por todo ello, gracias a la IA, el proceso de enseñanza-aprendizaje podrá mejorar tanto en eficacia como en eficiencia, fomentando a su vez la motivación y compromiso del alumnado.

A pesar de estos aspectos favorables, la implantación de la inteligencia artificial en el ámbito educativo de las matemáticas se enfrenta a una serie de retos, como son, por ejemplo: la resistencia al cambio, los dilemas éticos y de privacidad de datos, o la falta de formación del cuerpo docente. Por ello, es importante tratar todos estos aspectos de forma cuidadosa con el fin de utilizar la IA de la manera más adecuada y beneficiosa para el alumnado.

Por este motivo, se propone el siguiente Trabajo Fin de Máster, cuyo principal objetivo será el análisis del uso actual de la IA en el proceso de enseñanza-aprendizaje, explorando a su vez el potencial que tiene esta tecnología dentro del ámbito de las matemáticas. Asimismo, se estudiará hasta qué punto es útil dentro del aula, y cuáles son sus ventajas e inconvenientes en la educación.

Recabada toda esta información, se podrá establecer una serie de conclusiones acerca de cuál es el uso más adecuado que se debe hacer de esta tecnología en la enseñanza, y más concretamente en las matemáticas, promoviendo así una mejora en el aprendizaje del alumnado.

Previamente a llevar a cabo la investigación correspondiente, se revisarán las principales teorías que existen sobre este tema, las cuales viene recogidas en el apartado del marco teórico, y los últimos estudios e investigaciones realizados acerca de ello, recogidos en el apartado correspondiente al estado de la cuestión. Una vez expuesta esta información, se procederá con la realización de la investigación, indicando en primer lugar la metodología utilizada y, posteriormente, los resultados obtenidos.

2. OBJETIVOS.

A través de este trabajo, se persigue alcanzar una serie de objetivos que permitan, entre otras cosas, lograr un mejor aprovechamiento de los programas de inteligencia artificial dentro del aula en el nivel de secundaria.

Como se ha comentado anteriormente, este surge de la necesidad de adaptación a los avances tecnológicos del ámbito educativo, pues, al tratarse la IA de una tecnología relativamente nueva, existe en la sociedad un gran desconocimiento hacia ella. Asimismo, los avances que se están produciendo son cada vez más rápidos y potentes, hecho que recalca la importancia de que el cuerpo docente se mantenga en constante actualización respecto a ellos.

Por todo ello, la principal meta que persigue esta propuesta de investigación educativa es la mejora del conocimiento del profesorado de matemáticas en los niveles de secundaria acerca del uso de los programas de IA. A través de este estudio, se pretende responder a las siguientes cuestiones:

- ¿Los programas de IA ayudan en el proceso de enseñanza-aprendizaje dentro del ámbito matemático o lo dificultan?
- ¿Cuál es el grado de implicación que debería tener la IA en la asignatura de matemáticas de los distintos niveles educativos de secundaria?
- ¿Cuáles son los puntos fuertes del uso de IA en el aula?
- ¿Cuáles son los puntos débiles del uso de IA en el aula?
- ¿Es importante tener en cuenta la diversidad del alumnado en el uso de IA para la enseñanza académica?
- ¿Cómo se deben utilizar los programas de IA en la enseñanza de las matemáticas?

Para lograr responder a estas preguntas, se realizará una encuesta acerca del uso diario de los programas de IA en el aprendizaje y estudio de las matemáticas, la cual irá dirigida a alumnado de secundaria. De esta manera, se podrá medir el grado de conocimiento y manejo que tiene hoy en día el estudiantado de esta tecnología, pudiendo a su vez detectar las facilidades y problemas que esta misma le ofrece.

Asimismo, se llevará a cabo un análisis de los últimos estudios realizados en el ámbito matemático acerca del uso de la IA en el aula, y se pondrá a prueba alguna herramienta de IA para resolver cuestiones matemáticas. Con esta

última actividad, se pretende poder observar de primera mano cuáles son los puntos fuertes y débiles del uso de IA en las matemáticas. Una vez recopilada toda esta información, se podrá establecer una serie de conclusiones a tener en cuenta en la futura práctica docente.

Por todo ello, con este Trabajo Fin de Máster se espera, entre otras cosas: mejorar el conocimiento de la IA dentro del ámbito educativo, concretamente en la enseñanza de las matemáticas; conocer las ventajas e inconvenientes de su uso, sobre todo en el ámbito matemático, y, de esta manera, poder determinar cuál es la forma más adecuada de utilizar este tipo de tecnología como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje en estudios de educación secundaria.

3. MARCO TEÓRICO.

A pesar de que el concepto de inteligencia artificial pueda resultar novedoso, el desarrollo de máquinas capaces de pensar e imitar acciones humanas ha resultado ser de gran interés desde la antigüedad. Según el poema de la *Ilíada*, el dios griego del fuego y de la forja, Hefesto, creó dos mujeres artificiales hechas en oro que le ayudaban en sus labores cotidianas (Oliver, 2021). Y, sobre el año 322 a.C., Aristóteles ya propuso la creación de máquinas inteligentes. Asimismo, en el siglo I, Herón de Alejandría escribió en su trabajo *Autómata* todos los conocimientos que tenía sobre la figura de los robots. En él, asoció este nuevo concepto a aquellas máquinas capaces de realizar tareas de forma automática. Algunos ejemplos de ello fueron: la apertura de las puertas de un templo de manera mecánica al encender fuego en su entrada o la creación de estatuas que servían vino. En aquella época y posteriores, los fines de estos mecanismos eran únicamente religiosos y lúdicos (Roldán Tudela, 2018).

Otra época que destacó por la gran cantidad de mecanismos que se construyeron fue el antiguo Egipto. El principal objetivo que tenían era asombrar y generar temor a la ciudadanía al contemplarlos. Un ejemplo fueron las figuras mecánicas de los dioses, las cuales eran manejadas por los sacerdotes. Por otro lado, algunos artilugios con fines lúdicos fueron las famosas cabezas parlantes o los autómatas de la Edad Media, Renacimiento y siglo XVIII (Oliver, 2021).

Asimismo, cabe mencionar el hecho de que los primeros juegos matemáticos de la historia, como las Torres de Hanói, trabajaban una de las cuestiones que más fuerza tienen actualmente en el diseño de la IA: conseguir alcanzar una serie de objetivos con el menor número de acciones posible; es decir, optimizar (Roldán Tudela, 2018).

Además del desarrollo de la automatización, el estudio y comprensión de la mente humana ha sido un aspecto de gran interés a lo largo de todos los tiempos, con el principal fin de llegar a crear mentes artificiales. Pero no fue hasta el año 1315 cuando Ramon Llull, filósofo mallorquín y patrón de la informática, describió en su obra *Ars Magna* un aparato mecánico capaz de analizar y validar teorías usando la lógica (Oliver, 2021).

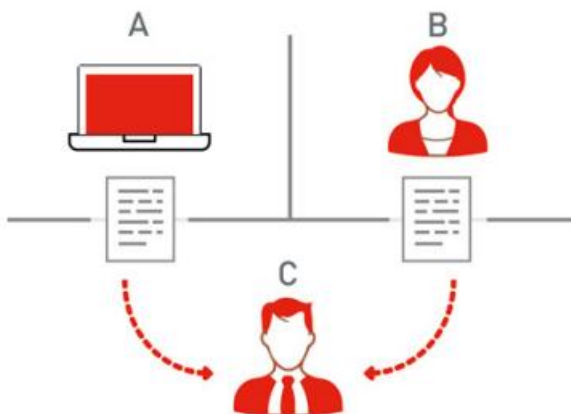
A pesar de todos estos acontecimientos, la noción de la inteligencia artificial no llegó a materializarse hasta el siglo XX, concretamente los años cuarenta, con la aparición de los primeros ordenadores.

3.1 Inteligencia Artificial.

La idea de inteligencia artificial surgió en el año 1950, cuando el matemático Alan Turing publicó el artículo *Computing machinery and intelligence*, en el cual se señalaba la posibilidad de que las máquinas imitaran la inteligencia humana. Para intentar responder a la pregunta de si una máquina era inteligente, este propuso un curioso experimento, el cual queda ilustrado en la Figura 1. Un humano, conocido como entrevistador (C), debía comunicarse con un par de sujetos, un ser humano (B) y una máquina (A), desconociendo en ambos casos su identidad. Solamente en el caso de que el entrevistador no lograra diferenciar al humano de la máquina por sus respuestas, esta sería considerada una máquina inteligente. Este experimento se conoce como Test de Turing, el cual proporciona una definición simple del concepto de IA con la que contamos hoy en día (Vidal, 2007). Sin embargo, esta definición no es formal, ni separa los conceptos de conocimiento e inteligencia.

Figura 1

Esquema del Test de Turing, en el que una persona ha de determinar si es capaz de diferenciar las respuestas obtenidas de una máquina de las de un ser humano. Tomado de *Inteligencia Artificial, naturalmente* (p.27), por N. Oliver, 2021.



A partir de los estudios de Turing, en el año 1956 tuvo lugar una conferencia en Dartmouth donde se reunieron los investigadores más ilustres del momento en el área de la teoría de autómatas, las redes neuronales y el

estudio de la inteligencia (Russell y Norving, 1996). Fue entonces cuando el informático John McCarthy propuso el concepto de IA para englobar ese campo de investigación, llegando a establecer también las bases de su desarrollo. Este la definió como “la ciencia e ingenio de hacer máquinas inteligentes, especialmente programas de cómputo inteligente”. Además, McCarthy quiso recalcar la diferencia entre la IA y el concepto de cibernética, en la cual los sistemas inteligentes trabajaban con el reconocimiento de patrones, la estadística y las teorías de control y de la información; y a su vez, enfatizó sobre la conexión existente entre esta nueva tecnología y la lógica. Esta diferencia originó dos escuelas diferentes dentro del desarrollo de la IA, las cuales se expondrán más adelante (Oliver, 2021).

La definición de McCarthy generó mucho revuelo en el ámbito científico, llegando a generar perspectivas agresivas sobre su evolución. Pero estas nunca llegaron a cumplirse debido a la falta de avances que había en hardware, la escasez de grandes volúmenes de datos y la lentitud en el desarrollo del aprendizaje profundo de entonces. Este parón duró aproximadamente quince años y no fue hasta la década de los ochenta cuando se retomó. Eso sí, hasta el año 2010 los programas de aprendizaje profundo no mejoraron lo suficiente para continuar con el desarrollo de la IA (Guimbao, 2021).

Al tratarse la IA de una tecnología amplia y revolucionaria, esta no cuenta con una definición universalmente aceptada, sino que a lo largo del tiempo se le han ido atribuyendo distintas acepciones de acuerdo con diferentes enfoques. Por ejemplo, entre las siguientes descripciones expuestas, hay algunas que hacen referencia a los procesos de la mente y el razonamiento, mientras que otras aluden a la conducta o el comportamiento (Takeyas, 2007).

- “La automatización de actividades que vinculamos con procesos de pensamiento humano, actividades tales como la toma de decisiones, resolución de problemas, aprendizaje...” (Bellman, 1978).
- “El estudio de los cálculos que permiten razonar y actuar” (Winston, 1992).
- “La rama de la ciencia de la computación que se ocupa de la automatización de la conducta inteligente” (Luger y Stubblefield, 1990).

Como se puede observar, las definiciones que se asocian a la inteligencia artificial son muchas y variadas, aunque una buena descripción de este concepto podría ser la propuesta por Rouhiainen (2018): “La IA es la capacidad de las máquinas para usar algoritmos, aprender de los datos y utilizar lo aprendido en la toma de decisiones tal y como lo haría un ser humano” (p.17). Es importante que la sociedad tenga en cuenta la capacidad de aprender y tomar decisiones de las máquinas, pues ambos procesos están creciendo de forma exponencial con el tiempo, lo que ha provocado que muchas acciones anteriormente exclusivas al ser humano comiencen a ser realizadas por las propias máquinas.

Este gran avance de la IA en la sociedad ha permitido al ser humano beneficiarse de mejoras y contar con una mayor eficacia en los distintos ámbitos de la vida. Pero, a su vez, la ciudadanía debe estar atenta a este crecimiento para poder prevenir y minimizar los problemas y desventajas que este mismo genere (Rouhiainen, 2018).

3.1.1 Escuelas de pensamiento de la IA.

Como se ha comentado anteriormente, con el desarrollo de la IA surgieron dos escuelas de pensamiento claramente diferenciadas en función de cuáles eran los conceptos sobre los que se basaba este desarrollo. Una era la del enfoque simbólico-lógico o top-down, basada en la lógica y que era apoyada por McCarthy; y la otra era la del enfoque basado en datos, conexionista o bottom-up, apoyada por el matemático Norbert Wiener (Oliver, 2021).

El enfoque simbólico (top-down) defendía la idea de que, para que las máquinas fueran capaces de razonar, era necesario programar en ellas el conocimiento de los humanos y una serie de reglas lógicas, de manera que, con esta información integrada, el ordenador fuera capaz de generar conocimiento nuevo a partir de esta. Un ejemplo de ello fueron los sistemas de expertos, los cuales predominaron durante la primera fase de la historia de la IA, aunque en la actualidad ya han sido relegados. Además, dentro de esta escuela se encuentran áreas como la teoría de juegos, la lógica, la teoría del aprendizaje, la optimización y el razonamiento. Por el contrario, la escuela con el enfoque basado en datos (bottom-up) planteaba que las máquinas debían aprender de la observación y la interacción con el mundo; es decir, de la experiencia. De esta manera, si se trataba de crear IA, había que incorporar a

estas máquinas observaciones de las que nutrirse y aprender, lo que implicaba entrenar algoritmos con muchos ejemplos de los que se quisiera conseguir el aprendizaje. A esta escuela pertenecen áreas como la percepción computacional, el aprendizaje automático (Machine Learning), la robótica, la colaboración humano-IA y las inteligencias computacionales social y emocional (Oliver, 2021).

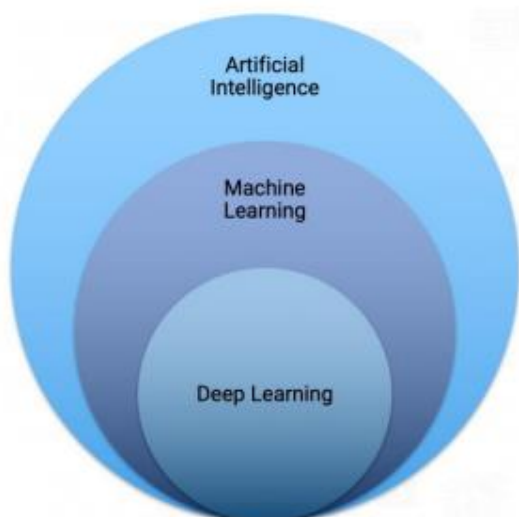
Entre estas escuelas, la que realmente tuvo mayor éxito en esa época fue la del enfoque simbólico, pues la falta de herramientas para manejar grandes cantidades de datos y la baja capacidad de computación para entrenar modelos que resultaran realmente útiles hizo que la escuela bottom-up no tuviera gran expectación en ese momento. El desinterés hacia esta escuela de pensamiento continuó hasta 1984, cuando se realizó el esfuerzo científico de crear una máquina con razonamiento de sentido común (Oliver, 2021).

3.2 Aprendizaje Automático (Machine Learning) y Aprendizaje Profundo (Deep Learning).

Dentro del ámbito de la inteligencia artificial, podemos distinguir diferentes ramas. Entre ellas, cabe destacar las siguientes dos: el aprendizaje automático o *machine learning* y el aprendizaje profundo o *deep learning*, siendo la segunda de ellas un subcampo de la primera (Figura 2).

Figura 2

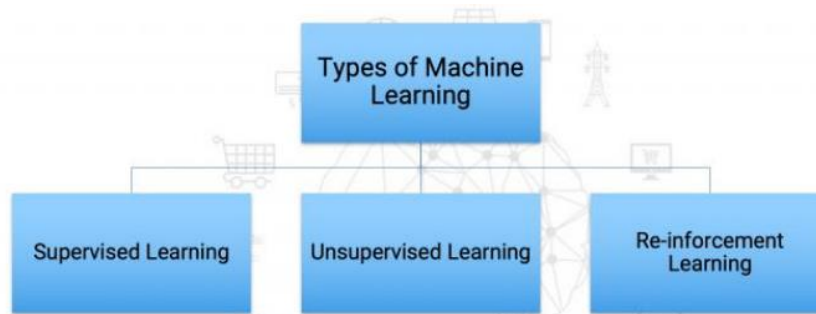
Principales ramas dentro del ámbito de la inteligencia artificial, donde unas son subcampos de otras. Estas se diferencian entre sí por la manera en que el sistema adquiere el aprendizaje. Tomado de *Machine Learning Simplified* (p.49), por K. Jain, 2019, Analytics Vidhya.



Esta primera rama permite que las máquinas tengan la capacidad de aprender sin la necesidad de ser programadas para ello. A través del reconocimiento de patrones y del uso de algoritmos para aprender de ellos, el aprendizaje automático es capaz de generar conclusiones y obtener nuevos conocimientos a partir de un conjunto de datos, ya que su objetivo principal es la generalización e inducción de nuevas reglas a partir de ejemplos donde dicha regla es aplicada. Gracias a este tipo de aprendizaje, existen en la actualidad el filtrado del correo basura o spam, la personalización de los sitios web como Facebook o Twitter, los resultados en el motor de búsqueda de Google, etc. (Rouhiainen, 2018). A su vez, dentro de este tipo de aprendizaje se pueden distinguir 3 subtipos en función de la manera en la que la máquina aprende. En la Figura 3 viene reflejada esta subdivisión.

Figura 3

Subtipos de aprendizaje dentro de la rama del Machine Learning. Estos se diferencian unos de otros en los elementos que el sistema posee para adquirir el aprendizaje automático. Tomada de *Machine Learning Simplified* (p.71), por K. Jain, 2019, Analytics Vidhya.



- **Aprendizaje Supervisado** (Supervised Learning). A través del uso de datos que ya han sido etiquetados y organizados previamente en el sistema, este debe ser capaz de categorizar la nueva información. En este caso, la intervención humana es necesaria para retroalimentar el sistema (Rouhiainen, 2018).
- **Aprendizaje No Supervisado** (Unsupervised Learning). El propio sistema debe ser capaz de categorizar la nueva información recibida sin contar con datos previamente etiquetados y organizados. En este caso, no hace falta la intervención humana (Rouhiainen, 2018).

- **Aprendizaje por Refuerzo** (Re-inforcement Learning). El sistema aprende de la experiencia, y para ello, cada vez que este acierta se le ofrece un “refuerzo positivo”. De esta manera, a medida que el sistema va obteniendo refuerzos, este va adquiriendo nuevo conocimiento. Por ello, el sistema tendrá como principal objetivo maximizar el número de aciertos realizados (Rouhiainen, 2018).

En cambio, el aprendizaje profundo (deep learning) trata de un subconjunto de algoritmos de aprendizaje automático en el que la máquina es capaz de razonar y sacar sus propias conclusiones, aprendiendo por sí misma. Este tipo de aprendizaje sirve para resolver problemas muy complejos, los cuales requieren de una gran cantidad de datos, por lo que se necesita un conjunto grande de información y una potente capacidad de procesamiento. Además, el aprendizaje profundo se produce mediante el uso de redes neuronales organizadas en capas con el fin de reconocer relaciones y patrones con cierta complejidad en los datos. Ejemplos del uso de este tipo de aprendizaje podrían ser el reconocimiento de voz o el procesamiento del lenguaje natural (Rouhiainen, 2018).

Este último tipo de aprendizaje es el que ha sufrido un mayor avance en estos últimos años gracias a los desarrollos producidos en el hardware y la destacable mejora en el manejo de grandes cantidades de datos, lo cual ha proporcionado un mayor nivel de fiabilidad a los algoritmos y al reconocimiento de patrones.

3.3 El papel de la IA dentro del ámbito educativo.

Como se ha comentado anteriormente en el apartado de introducción de este trabajo, el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 de la Agenda 2030 promovido por la UNESCO busca garantizar y proporcionar a la ciudadanía una educación inclusiva, equitativa y de calidad, hecho en el que tomará un papel fundamental la inteligencia artificial. Según este objetivo, esta nueva tecnología deberá usarse con el fin de poder ofrecer a toda persona un acceso equitativo e inclusivo en la educación, lo que implicará a su vez la modificación del papel del docente en la transmisión de información y conocimientos al alumnado (Flores Vivar y García Peñalvo, 2023). En esta línea, el uso de la IA en el proceso de enseñanza-aprendizaje debe estar orientado a capacitar a los

docentes, mejorar el aprendizaje del alumnado y reforzar los sistemas de gestión del aprendizaje (Flores Vivar, 2023).

Además, con la evolución tecnológica que ha sufrido el ámbito educativo, la competencia en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) ha tomado mayor importancia en la formación del alumnado para afrontar los retos tecnológicos que deparará el futuro (Sakata, 2018). Una de las causas principales de este desarrollo digital ha sido el gran impacto que ha tenido la robótica y la aplicación de algoritmos dentro del ámbito educativo, hecho que ha generado a su vez la preocupación de muchos docentes por la posibilidad de ser sustituidos por las propias máquinas. Aunque esto ahora puede parecer algo ficticio, si el ser humano no pone límites ni es consciente de los riesgos que supone el uso abusivo de la IA en el proceso de aprendizaje, llegará un momento en el que la educación pase a ser un mero proceso de retención de información, dejando de lado aspectos como la intencionalidad, la comprensión, el contexto, etc. Asimismo, anteponer el uso excesivo de pantallas al ejercicio físico u otras experiencias humanas fundamentales puede llegar a dañar el desarrollo de las personas (Giró Gràcia, y Sancho Gil, 2022). Por ello, la OCDE ha establecido una serie de principios acerca del uso de esta tecnología en los que dicta que el diseño de los sistemas de IA debe hacerse teniendo en cuenta los valores democráticos, los derechos humanos y la diversidad, además de contar con los salvoconductos adecuados para poder ofrecer una sociedad equitativa y justa (OCDE, 2019).

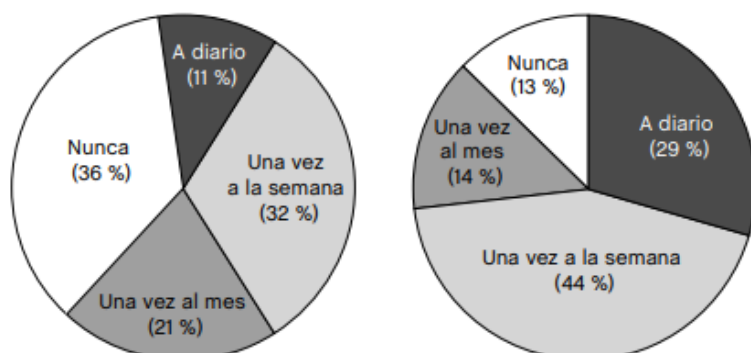
Con la instauración de las últimas leyes de educación, LOMCE y LOMLOE, y la evolución tecnológica, el desarrollo de las habilidades digitales del alumnado se ha convertido en algo de vital importancia en el proceso de aprendizaje. Pero, como bien dice el neurocientífico Desmurget (2020, p.231), es importante diferenciar entre “aprender sobre ‘lo’ digital y aprender ‘a través’ de lo digital”. Como vienen mostrando diferentes investigaciones, en los últimos años el rendimiento académico del alumnado ha sido decepcionante a pesar de la gran inversión tecnológica que han llevado a cabo muchos sistemas educativos. Esto ha llevado incluso a pensar que este gasto en tecnología, además de ser inútil, también ha sido perjudicial en el desarrollo del alumnado (Desmurget, 2020). Todo ello recalca la necesidad de descentralizar el enfoque del aprendizaje de un único dispositivo, mejorar las condiciones tanto de la

formación del profesorado como de los entornos de enseñanza y desarrollar proyectos pedagógicos integrales, los cuales tengan la capacidad de aprovechar todas las tecnologías disponibles, no solamente las digitales (Giró Gràcia, y Sancho Gil, 2022).

Es cierto que la introducción de la IA en la educación se produjo de manera discreta mediante otras tecnologías ya consolidadas en ese mismo ámbito, como son los campus virtuales o las redes sociales académicas (Flores Vivar y Zaharía, 2019). Pero, a pesar de ello, su introducción dentro del currículo académico parece necesitar más tiempo. Sin embargo, una buena propuesta para ir familiarizando al alumnado con esta tecnología es introducirla en el aula como parte de los contenidos de álgebra o aquellos relacionados con los algoritmos en la materia de informática (Calabuig Rodríguez et al., 2021). De esta manera, se estará educando al alumnado en la comprensión de los algoritmos y el gran impacto que tiene este tipo de tecnología en su vida diaria. Según el estudio llevado a cabo por Desmurget (2020) acerca del uso de las pantallas para fines educativos dirigido a jóvenes entre 8 y 12 años, y entre 13 y 18, se observó que, en el caso de los preadolescentes, el uso diario de esta tecnología para realizar las tareas escolares era de solo un 11%, mientras que en los adolescentes era de un 22%. En cambio, el porcentaje de preadolescentes con un uso nulo de las herramientas de IA era del 36% frente al 13% de los adolescentes (p.43). En la Figura 4 se puede observar el resto de los resultados obtenidos en el estudio.

Figura 4

Tiempo que dedican los preadolescentes de 8 a 12 años (izquierda) y adolescentes de 13 a 18 años (derecha) a los dispositivos digitales para el consumo educativo. Tomada de *La fábrica de cretinos digitales* (p.43), por M. Desmurget, 2020, Península.



Algo que está claro es que la automatización digital de la enseñanza va a ser uno de los retos educativos más determinantes en los próximos 20 años, pues cada vez los docentes están rodeados de más software, plataformas, aplicaciones y otro tipo de herramientas de IA diseñadas para realizar tareas pedagógicas (Selwyn, 2020). Algunas de ellas son:

- **Sistemas de Tutores Inteligentes (STI).** Ofrecen un aprendizaje y formación individualizados actuando como guías del proceso de enseñanza-aprendizaje, concretamente en la resolución de problemas o ejercicios. Hay que destacar que estos sistemas de software no solamente indican al alumnado cuándo una resolución se ha realizado de forma correcta o errónea, sino que, en el caso de que el estudiantado tenga dudas o se bloquee en la realización de algún ejercicio o problema, este sistema le ofrece sugerencias como forma de ayuda (Vila y Penín, 2007).

- **Sistemas de Gestión de Aprendizaje (LMS).** En los últimos tiempos, se han producido nuevas demandas educativas como son el aumento del número de alumnos y el coste económico y temporal (Vila y Perín, 2007). Por ello, este tipo de sistemas e-learning ha adquirido mayor importancia dentro del ámbito de la educación virtual. Además, combinando este tipo de plataformas con el uso de la IA se puede facilitar las tareas del alumnado y, así, que este mismo pueda llegar a comprender mejor las distintas materias (Flores Vivar, 2020). Algunas de las principales plataformas basadas en LMS que están impulsadas por IA son: Docebo, Moodle, Edge Canvas o Classroom (Flores Vivar, 2022).

3.4 Aplicación de la IA en el aprendizaje de las matemáticas.

El vínculo que existe entre las matemáticas y la IA es mucho mayor de lo que se piensa. Gracias a la evolución y los descubrimientos que se han llevado a cabo en las distintas ramas de las Matemáticas, las técnicas que utiliza la IA, concretamente el Deep Learning, han mejorado considerablemente. Ramas como el álgebra lineal, el cálculo diferencial, la optimización, la estadística, la probabilidad y la teoría de representaciones son esenciales para el desarrollo de este tipo de aprendizaje. Ejemplos de campos donde el uso del Deep Learning presenta una tendencia creciente son, entre otros: la robótica, la agricultura, la conducción automática, la traducción de textos o el reconocimiento de voz (Osorio Angarita, 2020). Además, cabe destacar el hecho de que el matemático e informático McCarthy consideraba a las

matemáticas como una disciplina imprescindible para desarrollar la IA (Garrido Bullón, 2019).

Está claro que las matemáticas son necesarias para el desarrollo de la IA, pero ¿este tipo de tecnología será útil en el aprendizaje de las matemáticas? Es cierto que el uso de la IA en el aula permite al cuerpo docente considerar diferentes estilos de aprendizaje, pudiendo personalizar de esta manera el proceso de enseñanza para mejorar el rendimiento académico del alumnado y el trabajo de forma autónoma. No obstante, para que se produzca un buen acoplamiento del uso de la IA en el aula, es necesario que el cuerpo docente sea consciente de los riesgos que depara la utilización abusiva o inadecuada de este tipo de tecnología. Ejemplos de ello son la percepción de información incorrecta y llena de sesgos o la escasa interacción entre alumnado y docente. Para evitar este tipo de problemas, el alumnado deberá ser capaz de seleccionar de toda la información proporcionada por la IA aquella que realmente sea relevante, y para ello, es imprescindible el papel del docente, pues este es el único que puede promover entre el alumnado un pensamiento crítico, organizado y nutrido de conceptos sólidos (Sarrazola, 2023).

Hoy en día, y cada vez más, se desarrollan herramientas con IA para ser utilizadas en el aula de secundaria como elementos de apoyo. Algunos ejemplos son: ChatGPT, Prismas (de Santillana), Thinkster Math o Minerva (modelo desarrollado por Google). Cada una de ellas presentan unas características propias, por lo que, en el caso de querer llevar alguna de ellas al aula, es importante analizar la herramienta previamente e identificar sus aportaciones y limitaciones en el aprendizaje. Además, una buena técnica de aprendizaje que propone Loiacono (2023) en su escrito acerca de la tecnología y la educación matemática es aprovechar las bondades y las debilidades de este tipo de herramientas para mejorar el dinamismo de las clases y, a su vez, hacer que el estudiantado reflexione acerca del funcionamiento de la herramienta y su utilidad (p.116).

Concretando en el sistema de ChatGPT, en la XVI Conferencia Iberoamericana de Educación Matemática (CIAEM) que tuvo lugar en la Universidad de Lima el 17 de abril de 2023, el experto Renato Pires dos Santos enfatizó en el hecho de que esta herramienta no era del todo adecuada para el cálculo matemático. Esto se debe a que ChatGPT presenta dificultades a la

hora de resolver ecuaciones simples y comete errores, ya que no se trata de un sistema de álgebra computacional. Sin embargo, una solución que este mismo propuso fue la conexión de esta plataforma con el sistema de Wolfram para mejorar así su capacidad en ese aspecto. Asimismo, en este mismo evento, el especialista Agosthino Serrano explicó que las funciones principales de este ejemplo de IA eran buscar, extraer, ordenar, resumir, agrupar, producir y reescribir texto (Universidad de Lima, 2023).

3.5 Ventajas y desafíos de la aplicación de la IA en el ámbito matemático para niveles de secundaria.

Como ya se ha comentado anteriormente, la capacidad de la IA para procesar y analizar mayores cantidades de datos, así como sus posibilidades en el proceso de enseñanza-aprendizaje, son cada vez más relevantes en el ámbito educativo, y concretamente en las matemáticas. Sin embargo, un punto importante a tener en cuenta es la comprensión tanto de los beneficios potenciales como de las limitaciones asociadas a la implementación de la IA en el ámbito educativo.

En este apartado, se van a examinar de manera detallada las ventajas que ofrece este tipo de inteligencia, como la personalización del aprendizaje y la retroalimentación inmediata, así como sus desventajas, como son la posible dependencia excesiva de la tecnología y la limitación en el razonamiento abstracto. Además, a través de este análisis se busca proporcionar una visión completa y objetiva sobre el impacto de la IA en el aprendizaje de las matemáticas para los niveles de secundaria.

Las principales ventajas que van a ser analizadas son las siguientes:

- **Personalización de los aprendizajes.** Gracias al uso de la IA, los distintos sistemas cuentan con la capacidad de adaptarse a las necesidades de cada uno de los estudiantes, pudiendo identificar al mismo tiempo sus fortalezas y debilidades. Asimismo, esta tecnología permite ofrecer recomendaciones específicas al alumnado para mejorar su comprensión de los diferentes conceptos matemáticos (Jara y Ochoa, 2020). Esto permite poder ofrecer aulas globales y participativas, ya sea en un ambiente presencial o virtual, a través de la incorporación de estas herramientas en un mismo entorno, como por ejemplo puede ser la aplicación Teams de Microsoft. Además, en este último tipo de ambientes

es donde la IA ha proporcionado nuevas oportunidades de aprendizaje a alumnado de tipo ACNEE, concretamente a aquellos con discapacidad visual o auditiva (Flores Vivar, 2023).

- **Feedback inmediato.** Las plataformas y aplicaciones de IA pueden proporcionar retroalimentación inmediata sobre el rendimiento del alumnado en el aprendizaje y resolución de problemas matemáticos. Este hecho permite a su vez al estudiantado corregir errores y mejorar su comprensión de forma rápida, fomentando así un proceso de aprendizaje más eficiente (Kulik y Kulik, 1991).
- **Acceso a materiales online y enriquecimiento de los impresos.** Este tipo de tecnología puede ayudar a recopilar y organizar una gran cantidad de recursos educativos en línea, como tutoriales, ejercicios y vídeos explicativos. Todo ello permite garantizar al alumnado acceso a materiales de alta calidad y poder aprender y enriquecerse de diferentes fuentes (Cabero Almenara y Barroso Osuna, 2016).
- **Resolución de problemas complejos.** La IA ofrece al estudiantado la posibilidad de abordar y enfrentarse a problemas matemáticos complejos, ya que esta le proporciona a su vez estrategias, guías y ejemplos detallados. Además, esto puede fomentar la resolución de problemas a un nivel más avanzado y desafiar al estudiantado a ampliar sus habilidades matemáticas (Padilla, 2019).
- **Automatización de tareas administrativas.** El uso de la IA puede servir de ayuda a las instituciones educativas en lo referente a la realización de tareas sobre la gestión de registros de estudiantes, la evaluación de exámenes y la programación de clases virtuales. Todo ello permitirá a las instituciones poder centrarse en los asuntos y actividades realmente importantes, ahorrándoles a su vez tiempo y recursos (Tafoya Ledesma, 2023).

Por el contrario, algunas de las desventajas tenidas en cuenta en lo que al uso de la inteligencia artificial en el ámbito de la enseñanza matemática se refiere son las siguientes:

- **Uso excesivo de la IA en el proceso de enseñanza-aprendizaje.** La utilización excesiva de este tipo de tecnología en el ámbito de la

enseñanza académica puede generar sobre el alumnado una cierta dependencia hacia las tecnologías. Hecho que a su vez puede limitar la capacidad de los estudiantes para resolver problemas de forma manual y comprender los conceptos fundamentales que hay detrás de las operaciones matemáticas (Puentedura, 2006).

- **Falta de interacción humana.** Al igual que ocurre con otras materias, la enseñanza de las matemáticas requiere de una interacción entre estudiantado y cuerpo docente. Y, aunque el uso de programas de IA permite comunicarse con el estudiantado, esto no garantiza que el valor resultante sea el mismo que el obtenido con la relación entre personas. La falta de retroalimentación y discurso cara a cara puede dificultar la resolución de dudas y la comprensión profunda de los conceptos matemáticos que sean algo complejos (Roblyer y Doering, 2014).
- **Limitaciones en el razonamiento abstracto.** La IA puede llegar a ser realmente útil y beneficiosa en la resolución de problemas específicos y basados en patrones, pero no tiene la capacidad de abordar problemas que requieren del uso de un razonamiento abstracto o creatividad (Stylianides, 2007).
- **Costo y accesibilidad.** La implementación de IA en entornos educativos requiere de grandes inversiones económicas en infraestructura y tecnología. Este hecho limita el acceso a programas de IA en el ámbito matemático en los centros educativos que no disponen de los recursos necesarios (Ertmer y Ottenbreit Leftwich, 2010).
- **Uso masivo de datos.** A través del uso de programas de IA en el ámbito educativo, se manejan grandes cantidades de datos, hecho que presenta una serie de efectos colaterales que se deberían tener en cuenta. Algunos de ellos son: la puesta en riesgo de los derechos digitales de los distintos agentes implicados en la educación, el desconocimiento acerca del funcionamiento y utilización de estos datos por parte de la IA y la posible reducción de las oportunidades del alumnado debido a la sustitución de la experiencia del docente por la detección de patrones realizada por la IA (Giró Gràcia y Sancho Gil, 2022).

Además, cabe destacar la necesidad de formación del profesorado en el uso de esta nueva tecnología como uno de los principales desafíos que acomete actualmente el ámbito educativo.

4. ESTADO DE LA CUESTIÓN.

Aunque la inteligencia artificial lleva presente en la sociedad desde el siglo pasado, no ha sido hasta la actualidad cuando realmente se ha desarrollado e implantado en los distintos ámbitos de la vida cotidiana, y concretamente, en la educación. Por ello, en el presente apartado se analizarán algunas de las últimas investigaciones y estudios realizados acerca del tema en cuestión, pudiendo a su vez determinar en qué punto se encuentra hoy en día la IA dentro del ámbito educativo.

Según Camacho Martí et al. (2023), el pensamiento computacional y la inteligencia artificial serán dos aspectos clave para la educación del futuro (p.9). Debido al rápido cambio que han sufrido las habilidades demandadas en el mundo laboral, resulta crucial la formación de los niños y niñas desde edades tempranas en el desarrollo del pensamiento computacional y la alfabetización de códigos; de manera que, a su vez, se les pueda preparar para enfrentarse a un futuro donde las tecnologías informáticas complejas estarán a la orden del día (Camacho Martí et al., 2023). Actualmente, existen plataformas educativas, como es el caso de LearningML, que persiguen este objetivo. Por ello, es de suponer que la utilización de este tipo de recursos se incrementará en la educación de manera progresiva en el tiempo. Un ejemplo del uso que se puede hacer de esta plataforma en el aprendizaje de las matemáticas es el que propone Iglesias (2022): a través de la implementación de un aprendizaje automático basado en un modelo numérico, se trabajan aspectos como las coordenadas de un punto y su ubicación dentro del plano cartesiano, concretamente el cuadrante donde se sitúa. Con esta propuesta, la cual forma parte del proyecto Fostering Artificial Intelligence at School (FAIaS), se pretende que el alumnado razone acerca de cómo la máquina ha sido capaz de llegar a unas conclusiones y determinar con certeza el cuadrante al que pertenece un punto a partir de unos algoritmos implementados y una serie de datos proporcionados. Este tipo de proyectos está teniendo cada vez más éxito dentro del ámbito educativo, pues, al utilizar una herramienta que facilita la construcción de ML, el alumnado es capaz de comprender mejor el concepto de aprendizaje automático y, a su vez, reforzar los conocimientos de las distintas materias. En este caso, el alumnado llegará a deducir que la máquina

identifica el tipo de cuadrante al que pertenece un punto a partir del signo que posee su pareja de coordenadas.

Además, la evolución y el desarrollo que ha sufrido la IA en estos últimos años no solamente ha generado oportunidades, sino también desafíos, muchas incógnitas y preocupaciones. Todos estos cambios afectan a las distintas etapas educativas, desde preescolar hasta los niveles superiores. Hecho que implica, según algunos expertos, la obligación de replantear la educación desde una visión de aprendizaje a lo largo de la vida (Latorre Cosculluela et al., 2021). Dentro de esta reconsideración del aprendizaje, cabe destacar tres enfoques que poco a poco están teniendo mayor repercusión en el ámbito educativo: la robótica educativa, la creación de plataformas online para el autoaprendizaje y los chatbots o agentes de software conversacionales inteligentes (Padilla, 2019). Cada uno de ellos ofrece una serie de habilidades que permiten mejorar el proceso de aprendizaje del alumnado, reducir la carga de trabajo del cuerpo docente y mejorar el proceso administrativo de las diferentes instituciones académicas.

Desde el desarrollo de las primeras herramientas de tutoría inteligente, se han producido grandes avances en lo que al uso de IA en la atención al estudiantado y la generación de perfiles se refiere. Gracias a ello, se ha podido desarrollar una educación más personalizada e inclusiva, prestando especial atención a la detección y tratamiento de las carencias del alumnado. Asimismo, es importante destacar el uso de la metodología STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemática) dentro del ámbito educativo, concretamente en la materia de matemáticas, pues gracias a ella se han obtenido mejores resultados por parte del estudiantado. Un ejemplo de ello es la investigación llevada a cabo por Cruz (2017) acerca del fortalecimiento de las matemáticas a través de las STEAM. En ella, se aplicó el diseño de prototipos robóticos como estrategia didáctica para enseñar los fundamentos matemáticos, implementando de esta manera la metodología STEAM en el aula. Entre los resultados obtenidos, cabe destacar el hecho de que el 97% de los encuestados consideraba adecuada la implementación de herramientas como los robots para fomentar el aprendizaje significativo, y que gracias al uso de esta tecnología se estimuló el pensamiento lógico matemático y creativo (Cruz, 2017).

Esta metodología está basada en el constructivismo, por lo que su principal objetivo es que el alumnado sea capaz de construir sus conocimientos a partir de la creatividad, el trabajo en equipo, la comunicación con el cuerpo docente, el resto de los compañeros, etc. Por ello, Játiva y Beltrán Morales (2021) proponen utilizar la metodología STEAM con el fin de motivar al alumnado en el uso de la IA dentro del aula. Para conseguirlo, se plantea trabajar con el estudiantado conceptos básicos de programación mediante Scratch y de IA, de manera que, posteriormente, el estudiantado pueda investigar y aprender por su propia cuenta acerca de la plataforma Machine Learning for Kids. Un ejemplo de propuesta que se presentó al alumnado para motivarlo en el uso de la IA dentro de la asignatura de Matemáticas fue desarrollar un chatbot de reconocimiento de texto capaz de reconocer y comprender los conceptos y características propios del conjunto formado por los números racionales, incluyendo las operaciones entre ellos y su representación tanto en la recta real como en el plano cartesiano. Los resultados que se obtuvieron fueron totalmente exitosos: de los 13 estudiantes encuestados, 12 consideraron que el uso de la IA había sido útil en el proceso de aprendizaje y 9 afirmaron que la asignatura de Matemáticas mejoraba con la aplicación de esta tecnología. Además, el alumnado se mostró motivado y con deseo de tener un mayor contacto con el uso de la IA en el ámbito educativo. Eso sí, a lo largo de la investigación, el estudiantado tuvo algunas dificultades para comprender ciertos conceptos de programación y comenzar a utilizar la herramienta en cuestión. Por ello, aspectos como ampliar el número de horas dirigidas a la propuesta o preparar clases de iniciación a la herramienta podrían servir de ayuda para mejorar estos resultados (Jávita y Beltrán Morales, 2021).

Un aspecto en el que coinciden muchos autores es la importancia que tiene trabajar con el alumnado acerca de los elementos que conforman la IA y su funcionamiento interno, pues como bien comentan Giró Gràcia y Sancho Gil (2022), para la mayor parte de la ciudadanía los algoritmos de IA se asemejan a cajas negras donde solamente se conocen sus valores de entrada y salida, lo cual puede producir en algunos casos información no deseada o errónea. Por ello, es importante que el alumnado comprenda este proceso interno, ya que, de esta manera, se podrán incluir en el aula actividades como el cuestionamiento o el análisis de la forma en que la máquina ha reconocido

unos patrones o llegado a unas conclusiones concretas. Según Calabuig et al. (2021) una buena propuesta para introducir esto en el aula sería explicar al alumnado los mecanismos básicos del funcionamiento de la IA como parte del contenido de alguna materia como matemáticas o tecnología (p.6). El ejercicio que proponen estos autores consiste en programar el algoritmo correspondiente al aprendizaje por refuerzo (subtipo del aprendizaje profundo) en un problema concreto y cercano al alumnado. El enunciado del ejemplo que ellos plantean es el siguiente:

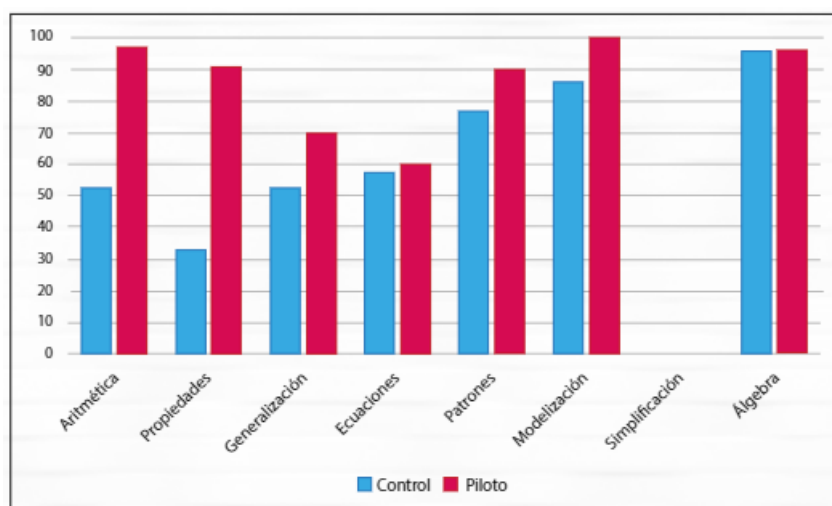
“En una noche oscura, un grupo de estudiantes pretende cruzar una pasarela sobre un arroyo que no tiene barandillas. Se trata de cruzar la pasarela tanteando. Deciden enviar a uno de ellos, que va provisto de un reloj inteligente y va registrando los pasos que va dando junto con su informe de la situación una vez ha dado cada paso. Cuando cae, otro del grupo vuelve a empezar; pero este nuevo estudiante tiene almacenado en su reloj los datos del estudiante anterior, de manera que puede utilizar la información aportada y, a su vez, incluir también su experiencia a la base datos. La pasarela se cruza con 7 pasos y gana el primero que llega al final de la pasarela”.

En este ejemplo, el alumnado deberá ir escribiendo lo que sucede cada vez que un estudiante trata de cruzar el puente, teniendo en cuenta que cada uno de ellos tiene en su reloj la información recolectada por el compañero que ha intentado cruzar antes. De esta manera, a medida que el estudiantado vaya desarrollando el ejercicio, este irá comprendiendo el funcionamiento de este tipo de aprendizaje y se irá familiarizando con el uso de la IA en situaciones reales. Este tipo de juego también se podría plantear en el aula de forma más lúdica mediante una competición entre dos equipos, de manera que aquel que desarrolle antes el recorrido para cruzar el puente se convierta en el ganador. Aunque este juego puede resultar bastante simple en su versión inicial, su implementación en el aula puede resultar un poco confusa. Por ello, es importante que, a medida que se vaya avanzando en el proceso, el docente resuma y explique el papel que tiene el paso que se está ejecutando y su repercusión en el procedimiento global. Al final, los resultados que se obtengan en este tipo de experiencias dependerán de la implicación del alumnado, por lo que es crucial que la actividad mantenga su carácter crucial y colaborativo (Calabuig et al., 2021).

Además de todos los aspectos comentados anteriormente, recursos como los STI siguen vigentes en el ámbito educativo, siendo estos una posible alternativa de uso para la introducción de la IA en el aula y el refuerzo de los conceptos y contenidos de las diferentes materias. Un ejemplo de ello es la propuesta de Pérez y Santiago (2018) en la que, a través de la implementación de redes neuronales artificiales, se trabajan las principales dificultades que presenta el alumnado en el aprendizaje del álgebra; es decir, se lleva a cabo el desarrollo de un STI orientado al aprendizaje de este campo de las Matemáticas. Tras implementar y poner en práctica esta herramienta a un grupo piloto de alumnos, y ser estos evaluados junto a un segundo grupo de control, quedó evidenciada la mejoría de los resultados por parte de aquellos que habían utilizado el STI desarrollado en comparación con los que no lo habían hecho. En la Figura 5 se puede observar la comparativa global de resultados en función del campo de las matemáticas evaluado.

Figura 5

Porcentaje de conocimiento obtenido en el examen de validación por parte del grupo de control y el grupo piloto. Tomada de Implementación de Redes Neuronales Artificiales en un Sistema Tutorial Inteligente orientado al aprendizaje del álgebra (p.86), por D. M. Pérez y S. P. M. Santiago, 2018, *Virtu@lmente*.



Además, el grupo piloto mostró gran interés en utilizar la herramienta y calificó al STI como divertido y entretenido.

5. METODOLOGÍA.

Una vez expuesto el marco teórico y estado de la cuestión del presente trabajo, se recogen a continuación los aspectos más relevantes relacionados con la metodología de investigación utilizada. Como ya se comentó en el capítulo correspondiente a los objetivos, esta propuesta de investigación educativa se realizará mediante dos actividades: la cumplimentación de una encuesta por parte del alumnado de secundaria en la que se recogerán tanto valores cualitativos como cuantitativos acerca del conocimiento y uso de la IA en educación, y el testeo de alguna de estas herramientas de IA en relación con la resolución de problemas matemáticos llevado a cabo por la propia investigadora. Por ello, la tipología de investigación a utilizar en la primera actividad será de tipo mixto y no experimental; mientras que, en la segunda, se usará una tipología cualitativa y experimental. Cabe destacar el hecho de que, al no llevar a la práctica la primera parte de esta propuesta, los resultados a analizar en ella serán estimados, aunque se tendrán en consideración estudios ya realizados. Por el contrario, como resultados de la segunda actividad se recopilarán de forma fehaciente las principales ventajas e inconvenientes que se detecten en el uso de esta tecnología dentro del ámbito de las matemáticas.

5.1 Objetivos del estudio.

Como objetivo principal de la primera parte del presente estudio, se pretende analizar y revisar el modo de introducción y utilización de los programas de IA en el proceso de enseñanza-aprendizaje, concretamente en el área de las matemáticas, pudiéndose estudiar a su vez la repercusión que tiene el uso de esta tecnología en el rendimiento académico del alumnado.

La citada finalidad comprende a su vez una serie de objetivos específicos, como son: conocer si el alumnado realmente comprende el concepto de IA, analizar su conocimiento acerca del uso de este tipo de herramientas (cuáles conoce o ha utilizado, en qué ámbitos, etc.), determinar las materias y bloques en los que se ha usado esta tecnología dentro del ámbito educativo, analizar los efectos que ha tenido el uso de ésta en el rendimiento académico del alumnado, y conocer la opinión del estudiantado acerca de su utilización en el aula.

En cambio, con la puesta en práctica de algunas de las herramientas más conocidas de IA para la resolución de problemas, se pretende identificar las ventajas e inconvenientes que ofrece esta tecnología en la enseñanza de las matemáticas.

5.2 Enfoque y diseño.

Para la parte correspondiente a la realización de la encuesta por el alumnado de secundaria, se ha seguido un enfoque mixto, ya que se recopilará, analizará e integrará tanto investigación de tipo cualitativo como cuantitativo. A su vez, este se llevará a cabo en un contexto metodológico no experimental y transversal, pues, como indica Álvarez Risco (2020), las variables no son manipuladas por parte del investigador, su medición se realiza una única vez y, a partir de la información recogida, se lleva a cabo el análisis pertinente (p.4).

En este diseño de investigación se miden las características del grupo de alumnos en un momento concreto, hecho que descarta la posibilidad de evaluar la evolución del grupo o los efectos provocados por una intervención social. Teniendo en cuenta que el investigador inicia su estudio a partir de unos acontecimientos que ya han tenido lugar, los datos recopilados tendrán fundamento en estos hechos pasados, por lo que este trabajo se clasifica igualmente como de tipo *ex post facto*.

Respecto al alcance de la investigación, esta parte de la propuesta puede considerarse de tipo descriptivo observacional y, a su vez, correlacional, pues, además de especificar las propiedades de las variables, definir las y medirlas, uno de los principales fines que se persigue es analizar la posible correlación que existe entre el uso de los programas de IA y el rendimiento académico del alumnado. Para alcanzar este objetivo, la encuesta de elaboración propia contará con varias cuestiones acerca del uso de esta tecnología en el proceso de aprendizaje y el nivel académico del estudiantado.

Para el caso del alumnado que haya hecho uso de la IA, se le preguntará acerca de sus calificaciones obtenidas antes y después de esta utilización, mientras que, en el caso de los que no hayan usado esta tecnología, solamente interesará la calificación global. Por todo ello, teniendo en cuenta a Cambell y Stanley (1973), el presente trabajo corresponde al tipo de diseño de un único

grupo con una sola medición, el cual presenta un enfoque retrospectivo ya que los hechos sobre los que se basa han tenido lugar en un tiempo pasado.

Considerando la problemática que se quiere abordar con esta primera actividad y su orientación, ésta se clasifica como una investigación aplicada, ya que está dirigida a adquirir nuevo conocimiento para poder mejorar el entendimiento y la utilización de la IA en el aula, concretamente en el área de las matemáticas.

Por último, cabe destacar el carácter prolectivo de esta primera parte de la investigación, pues la obtención de la información se ha llevado a cabo siguiendo únicamente los criterios establecidos por el investigador y los objetivos determinados en el trabajo.

Por el contrario, en relación con la segunda actividad programada para esta propuesta, el enfoque utilizado es de tipo cualitativo, pues, a través de poner a prueba la herramienta de IA para resolver diferentes problemas matemáticos, se irán recopilando tanto aspectos positivos como negativos del uso de esta. Asimismo, el contexto metodológico a utilizar será de tipo experimental; concretamente, cuasi experimental, pues como indica Anguera et al. (1995) se trata de un plan de trabajo en el que se pretende analizar las modificaciones que sufre el objeto de estudio en función de la manipulación que hace el investigador de la variable independiente (eso sí, el sujeto a analizar no es seleccionado de forma aleatoria). En este caso, la herramienta que se pondrá a prueba será ChatGPT.

El alcance de esta parte de la investigación se considera de tipo exploratorio, pues el principal objetivo que se persigue es examinar la efectividad que poseen las herramientas de IA a la hora de resolver dudas y problemas matemáticos, siendo este un fenómeno del cual todavía no se ha investigado lo suficiente.

En referencia a la direccionalidad que toma esta segunda actividad, se considera a esta parte de la propuesta de tipo prospectivo, pues los resultados que se espera analizar van a ocurrir en un tiempo futuro.

Así pues, al igual que en la primera actividad llevada a cabo en este estudio, este segundo ejercicio se clasifica según su orientación como una investigación aplicada y con carácter prolectivo.

5.3 Participantes y contexto.

Los participantes de la primera actividad de este estudio serán el alumnado matriculado en los distintos cursos de educación secundaria de la Comunidad Autónoma de La Rioja. Actualmente, existen un total de 13.518 estudiantes (Instituto de Estadística de La Rioja, 2023), por lo que dicha cifra será considerada la población objeto de esta investigación.

Con el objetivo de obtener una muestra significativa, deberán participar en el estudio un mínimo de 375 alumnos del total matriculados, garantizando así un nivel de confianza del 95%. En este caso, la muestra estará formada por el alumnado perteneciente a los institutos de la localidad de Calahorra, municipio situado en el noreste de la comunidad. Esto se debe a la mayor facilidad de acceso que tiene la presente autora a estos centros en comparación con los restantes de la comunidad.

Asimismo, este municipio cuenta con cuatro centros educativos de secundaria, dos de ellos de carácter público y los otros dos concertados, por lo que los resultados recogidos, además de servir para la investigación planteada, podrían también dar lugar a un trabajo de investigación secundario acerca de la posible relación entre el uso de los programas de IA y la tipología de los centros.

Por consiguiente, el tipo de muestreo a utilizar se clasifica como no probabilístico y por conveniencia, pues como se ha explicado anteriormente el alumnado de los institutos a los que se realizará la encuesta se ha seleccionado teniendo en cuenta su disponibilidad y posibilidad de acceso por parte de la investigadora.

En cambio, en la segunda actividad de esta propuesta se considera como población objeto de estudio al conjunto formado por todas las herramientas de IA capaces de trabajar con aspectos matemáticos, mientras que la muestra sobre la que se realizará este trabajo será aquella formada únicamente por la serie de herramientas de IA que se pongan a prueba para resolver problemas o cuestiones matemáticas. Al igual que en el caso anterior, este muestreo se clasifica como no probabilístico y por conveniencia, pues es la propia investigadora quien selecciona los programas de IA a testear teniendo en cuenta varios factores como son la accesibilidad a la herramienta o la popularidad que tiene esta dentro de la vida cotidiana.

5.4 Variables.

Como se ha comentado anteriormente, a lo largo de la primera parte de este estudio se llevará a cabo la medición de una serie de variables tanto cualitativas como cuantitativas a través de la realización de una encuesta por parte del alumnado de secundaria. Por ello, para tener una idea clara de las variables que participan en dicho estudio, se expone a continuación tanto una clasificación de ellas en función del papel que éstas tienen en la investigación como con relación a su naturaleza.

1. Según el papel que toman dentro del estudio, éstas pueden pertenecer a uno de los siguientes tres subtipos:
 - *Independientes*. Son aquellas que recogen la causa de la explicación. Entre ellas, se puede distinguir el nivel de conocimiento que tiene el alumnado acerca del concepto de IA, los programas con esta tecnología de los que hace uso para aprender, las asignaturas en las que los utiliza o su frecuencia de uso.
 - *Dependientes*. Son aquellas que han sido producidas por las variables anteriores. Dentro de este grupo se identifican: las calificaciones que ha obtenido el alumnado tras hacer uso o no de los programas de IA y el grado de satisfacción o desagrado que ha provocado el uso de esta tecnología.
 - *Intervinientes*. Son aquellas que pueden tener repercusión en las dependientes, pero no son controladas por el investigador. Algunos ejemplos de ellas son: el nivel de conocimientos previos con el que cuenta el estudiantado o la disponibilidad de recursos que posee. Estas variables se pueden clasificar a su vez como extrañas, ya que no son incluidas en el diseño de la propia investigación.
2. En función de la naturaleza de las variables, se pueden distinguir dos subgrupos:
 - *Cuantitativas*. Son aquellas cuyos valores son numéricos y se pueden medir. Un ejemplo de estas son las calificaciones obtenidas por el alumnado en la asignatura de matemáticas con y sin el uso de la IA. Éste es a su vez de tipo continuo, ya que entre dos de sus valores podemos encontrar potencialmente infinitos valores intermedios.

- *Cualitativas*. Son aquellas que expresan cualidades o características del objeto o individuo en cuestión. La mayor parte de las variables que mide nuestra encuesta es de este tipo, pudiéndose clasificar a su vez entre nominales y ordinales. A este primer subtipo pertenece: el curso académico en el que se encuentra el alumnado, los programas de IA de los que ha hecho uso o conoce, la utilización de esta tecnología en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Sí/No), las asignaturas en las que la ha usado, su opinión acerca de su utilidad en la enseñanza (Sí/No), etc. En cambio, de tipo ordinal está la frecuencia de uso de los programas de IA por parte del alumnado en el proceso de aprendizaje.

Una vez establecida la identificación y clasificación de las variables trabajadas en la encuesta elaborada, se exponen a continuación aquellas utilizadas para realizar la segunda actividad del estudio de investigación. Para ello, siguiendo los mismos criterios de clasificación establecidos en el análisis previo, se obtienen las siguientes taxonomías:

1. Según el papel que tienen las variables en la investigación.
 - *Independientes*. En este caso, se identifica con este tipo a la variable que hace referencia a los distintos problemas que el investigador propone resolver a la herramienta de IA y la forma de redactar las distintas cuestiones.
 - *Dependientes*. Este tipo de variables correspondería a los puntos fuertes y débiles detectados por la investigadora en la resolución de cuestiones y problemas matemáticos por parte de la herramienta de IA.
 - *Intervinientes*. A este último subgrupo podría pertenecer la variable correspondiente al tipo de algoritmos o programación que hay por debajo del funcionamiento de la herramienta de IA.
2. Según su naturaleza. Como se ha comentado anteriormente, en esta actividad solamente se hará uso de variables de tipo cualitativo, siendo a su vez todas ellas de tipo nominal.

5.5 Recogida de información.

En el presente apartado, se describe en primer lugar el instrumento de recogida de información utilizado para llevar a cabo tanto la primera como la segunda actividad de este estudio y, posteriormente, la explicación del procedimiento realizado para su aplicación.

5.5.1 Instrumentos y procedimiento.

Como se ha expuesto a lo largo de esta memoria, el instrumento del que se hará uso para llevar a cabo esta primera parte de la investigación será una encuesta, la cual irá dirigida al alumnado de los cursos de secundaria. Esta la podemos encontrar en el Anexo I del presente trabajo y, a través de su cumplimentación, se pretende obtener información acerca del grado de comprensión y conocimiento que tiene el estudiantado sobre la IA y su uso en el ámbito educativo, obteniendo al mismo tiempo datos relevantes sobre su rendimiento académico y el posible efecto que tiene el uso de esta tecnología en él.

Esta encuesta se clasifica como de tipo online o web, ya que la recopilación de información se lleva a cabo a través de su envío por la red, pudiéndose utilizar para ello diferentes medios como son: el correo electrónico, el acceso a una página de internet concreta o la distribución por redes sociales. En este caso, la encuesta se hará llegar al estudiantado de secundaria por medio de la primera opción indicada.

En referencia al tipo de cuestiones, esta encuesta se considera mixta, pues ofrece tanto preguntas de carácter abierto, donde se le pide al encuestado que responda con total libertad, como cerrado, donde las respuestas son concretas y su número limitado, por lo que el alumno tiene que escoger entre las opciones presentadas. De este último tipo, se pueden encontrar tanto de selección simple como múltiple, dependiendo de la información que se pretende obtener en cada caso.

Además, cabe destacar el hecho de que este instrumento de recogida de datos se ha creado con el programa Google Forms en su versión online, el cual ofrece como ventajas: la posibilidad de importar las respuestas obtenidas en la encuesta directamente a hojas de cálculo y la capacidad de tener la información actualizada en tiempo real.

Asimismo, la encuesta tiene distribuidas las diferentes cuestiones por secciones, de manera que, en función de la respuesta que el alumno seleccione en una pregunta, variará la siguiente sección por responder. En esta investigación, se ha llevado a cabo esta distribución por secciones, ya que, dependiendo de si el encuestado ha utilizado o no los programas de IA en el proceso de aprendizaje, la información que el investigador está interesado en obtener será mayor o menor. Por ejemplo, en el caso de que el alumno sí haya usado la IA para realizar tareas o trabajos, será interesante conocer aspectos como en qué asignatura lo ha utilizado, con qué frecuencia, cuáles son los efectos que ha tenido este uso en su rendimiento académico, etc.

Igualmente cabe señalar que, a pesar de que los datos obtenidos en la mayoría de las preguntas son de tipo cualitativo, aquellos adquiridos mediante cuestiones con un número limitado de respuestas se medirán teniendo en cuenta un carácter cuantitativo, pues el principal fin que se persigue con la obtención de estos es el estudio estadístico de las distintas variables. Para ello, se asociará a cada posible respuesta un valor entero, de manera que, en el caso de que los datos sean de tipo ordinal, este será asignado según la relación posicional que tenga cada elemento con el siguiente. En cambio, en caso de que la información cualitativa sea de tipo nominal, la asociación de números no seguirá ningún criterio. Por ejemplo, para las variables nominales dicotómicas, se asignarán los valores 0-1; mientras que, para el resto de los datos de este tipo, se distribuirán los valores numéricos de acuerdo con el orden de aparición de las respuestas en las distintas preguntas.

Por el contrario, en el caso del testeo por parte de la propia investigadora de algunas herramientas de IA, se llevará a cabo un estudio de casos, por lo que su instrumento de recogida de datos será principalmente la observación. A medida que se le planteen a la herramienta diferentes cuestiones matemáticas, se analizarán los resultados obtenidos, pudiendo detectar los aciertos y errores que esta cometa.

En referencia al procedimiento que se seguirá para aplicar estos instrumentos en la propia investigación, se pueden diferenciar cuatro fases, cada una de ellas con una serie de acciones o procesos concretos a llevar a cabo. A continuación, se expone de forma detallada las tareas que se deben realizar en cada una de estas fases.

1. *Fase inicial.* En ella se establece el tema de interés sobre el que se desarrolla el trabajo, concretándose a su vez el problema de investigación que es objeto de estudio. En este caso, el tema principal es el uso de la IA en la educación, específicamente en el área de matemáticas; y el problema a resolver, el desconocimiento que posee el cuerpo docente acerca de cómo introducir y utilizar esta tecnología dentro del aula.
2. *Fase de planificación de la propuesta.* En ella se realizan las tareas necesarias para preparar y planificar la puesta en marcha de la investigación. Dentro de esta etapa se llevan a cabo las siguientes tareas:
 - Concreción del tipo de alumnado al que va dirigido el estudio. En este caso, la investigación está orientada al estudiantado de los niveles de secundaria.
 - Revisión bibliográfica del tema en cuestión, de manera que se conozcan de antemano sus antecedentes y estado actual. Este proceso hace referencia tanto al desarrollo del marco teórico como del estado de la cuestión del presente trabajo.
 - Determinación del objetivo general que se persigue con la investigación, desgranándolo en una serie de fines específicos. Esta información viene recogida en el primer apartado de este mismo capítulo.
 - Realización y diseño del instrumento de recogida de información que se utilizará en el estudio. En este caso, se prepara tanto la encuesta para pasársela al alumnado de secundaria como el conjunto de cuestiones matemáticas con las que se pondrá a prueba a alguna de las herramientas de IA más conocidas.
3. *Fase de ejecución de la propuesta.* En ella se lleva a cabo la realización del estudio de investigación sobre la muestra seleccionada y las actividades programadas para ello. Concretamente en este trabajo, se realiza el envío de la encuesta al alumnado seleccionado, con la posterior recopilación de sus respuestas. Además, también se lleva a cabo el testeo de alguno de los programas de IA más conocidos con el fin de

estudiar su capacidad para resolver el conjunto de cuestiones matemáticas planteadas en la fase anterior.

4. *Fase de análisis de los resultados obtenidos.* En esta última fase, una vez se ha recopilado toda la información requerida de las etapas anteriores, se procede a exponer el análisis de los resultados. Para ello, se traslada en primer lugar la información obtenida en la encuesta a una o varias aplicaciones de análisis de datos, examinando posteriormente estos. Del mismo modo, se recopila información sobre el testeado llevado a cabo del uso de las herramientas de IA en el aprendizaje de las matemáticas, identificando a su vez los fallos y aciertos cometidos por el programa. Por último, una vez hecho todo esto, se comprueba la consecución de los objetivos establecidos y se generan una serie de conclusiones sobre el trabajo en cuestión.

5.6 Procedimiento y análisis de la información.

Debido a que el enfoque correspondiente a la primera actividad planteada en este estudio es de tipo mixto, se distinguen dos procedimientos diferentes para analizar su información. Uno hace referencia al análisis de los datos cuantitativos y, el otro, al estudio de la información cualitativa. Para llevar a cabo ambos procesos se utilizarán diferentes programas de análisis de datos, ya que, a pesar de que Google Forms es una herramienta que facilita los resultados obtenidos en la encuesta incluyendo los porcentajes de selección correspondientes, esta información es insuficiente en relación con la consecución de los objetivos establecidos en esta investigación.

En cambio, para el caso de la segunda actividad planteada, solamente se llevará a cabo el tratamiento y análisis cualitativo de los datos obtenidos.

5.6.1 Tratamiento de información cuantitativa de la encuesta.

Para realizar el tratamiento y análisis de este tipo de datos se utilizará el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), pues, además de trabajar con información cuantitativa, éste ofrece la posibilidad de asociar valores numéricos a respuestas de tipo cualitativo (nominal u ordinal) con valores limitados. Por ello, y debido a que la encuesta preparada para esta investigación cuenta con un gran número de cuestiones de este tipo, esta herramienta de análisis de datos resulta ser la más adecuada. De esta manera, preguntas acerca del tipo de programas de IA que se han usado en el

aprendizaje, las asignaturas o bloques que han motivado este uso o la frecuencia de esta utilización se van a poder medir y analizar a través de esta plataforma, lo que va a permitir, a su vez, poder comprobar la existencia o no de una correlación entre el empleo de la IA en el estudio y el rendimiento académico. Para poder llevar a cabo esta conversión de tipos, habrá que declarar en la vista de variables de la plataforma de SPSS cada una de ellas, concretando en el apartado de valores la asociación establecida entre las distintas respuestas y los números asignados, e indicando en la sección de medida el tipo de escala de la que se trata. Algunas de las asignaciones que se constituyen en el caso de esta investigación son las siguientes:

- *Conocimiento de la IA* (0: No, 1: Sí).
- *Programas de IA conocidos* (0: Ninguno, 1: ChatGPT, 2: Minerva, 3: Grammarly, 4: DeepL, 5: Otro).
- *Uso de IA para educación* (0: No, 1: Sí).
- *Motivo de no haberla usado* (1: No creo que sea necesario, 2: No sé cómo utilizarla, 3: No dispongo de medios, 4: Otro).
- *Uso de otras herramientas en educación* (0: No, 1: Sí).
- *Frecuencia de uso de IA en educación* (0: En casos puntuales, 1: Varias veces al mes, 2: Una vez a la semana, 3: Varias veces a la semana).
- *Asignaturas para las que se ha usado la IA* (1: Lengua Castellana y Literatura, 2: Geografía e Historia, 3: Matemáticas, 4: Inglés, 5: Otro).
- *Consecuencias del uso de IA en calificaciones* (0: Han empeorado considerablemente, 1: Han empeorado un poco, 2: Se han mantenido igual, 3: Han mejorado un poco, 4: Han mejorado considerablemente).

Asimismo, otra de las ventajas a destacar de esta herramienta es la posibilidad de poder calcular coeficientes realmente interesantes para mejorar la calidad del estudio realizado. Un ejemplo de ello es el Alfa de Cronbach, el cual permite poder medir la fiabilidad de una escala establecida.

Otro tipo de programas que podrían ser adecuados para este tratamiento sería cualquier tipo de software que dispusiera de hojas de cálculo para la recolección de información y análisis de ciertas variables estadísticas, como Microsoft Excel.

5.6.2 Tratamiento de información cualitativa de la encuesta.

En relación con el tratamiento y análisis de la información perteneciente a las preguntas de respuesta abierta, el programa que se utilizará será ATLAS.ti, ya que permite establecer patrones y crear categorías para realizar un análisis adecuado de las distintas variables.

Para poder llevar a cabo este análisis de datos, es necesario seguir una serie de pasos, los cuales se exponen a continuación:

1. Carga en la plataforma de los documentos necesarios para realizar el estudio de investigación. Esta información se puede tratar de reducir seleccionando únicamente aquellos datos que proporcionen significado al problema estudiado.
2. Creación y establecimiento de sistemas de citas (fragmentos significativos de texto) seleccionadas en los documentos importados, y códigos o unidades básicas de análisis, los cuales hacen referencia a los aspectos de interés a analizar en el estudio.
3. Asociación de las citas con las diferentes unidades de análisis, pudiendo a su vez agrupar estos por categorías.
4. Creación de redes semánticas e interrelaciones entre los diferentes componentes de ATLAS.ti, con el fin de organizar y poder analizar toda la información recogida.

5.6.3 Tratamiento de información cualitativa del testeo de herramienta de IA para el aprendizaje de las matemáticas.

En este caso, como la información a obtener puede ser muy variada ya que las herramientas de IA, como ChatGPT, poseen un amplio abanico de posibles respuestas, la forma en la que se van a tratar y analizar los datos obtenidos será la siguiente. A medida que se solicite al programa de IA la resolución de una cuestión matemática, se analizará con detenimiento la respuesta proporcionada, de manera que en ella se identifiquen las posibles contradicciones, errores y aciertos que haya cometido la herramienta en el problema. Toda esta información recogida se guardará como notas de campo, de forma que, una vez se hayan reunido todos los datos relevantes del uso de la IA en el aprendizaje de las matemáticas, se puedan establecer una serie de conclusiones a tener en cuenta en la práctica futura.

6. RESULTADOS.

Teniendo en cuenta los objetivos establecidos en la cumplimentación de la encuesta por parte del alumnado de secundaria, a continuación se exponen los resultados previstos a obtener con la realización de esta actividad. Para ello, se analizará cada objetivo de manera individual determinando sus posibles datos resultantes.

En primer lugar, respecto al objetivo principal indicado, a través de la encuesta diseñada se podrá conocer realmente si los programas de IA son un complemento más de la vida diaria de todo adolescente o, por el contrario, todavía se están introduciendo. Teniendo en cuenta el estudio realizado en el estado de la cuestión del presente trabajo y la situación actual que vivimos, podría decirse que una gran parte del alumnado conocerá este tipo de tecnología, pero es muy probable que no lo haya usado en el ámbito educativo. Al fin y al cabo, las herramientas de IA capaces de ofrecer ayuda en este contexto han aparecido hace relativamente poco tiempo en comparación con otras como los asistentes de voz de Siri o Alexa, las cuales han estado presentes en nuestra vida cotidiana desde hace años. A pesar de ello, previo a la aparición de la IA, el estudiantado ya contaba con otro tipo de herramientas de ayuda en el ámbito educativo como son, por ejemplo, los buscadores de internet.

En referencia a la posible correlación entre el uso de la IA y el rendimiento académico del estudiantado, se ha podido observar en algunas de las propuestas recogidas en el estado de la cuestión que la introducción de la IA y su uso en el aprendizaje de las matemáticas han producido mejoras en los resultados del alumnado, lo que invita a creer que sí que existe algún tipo de relación entre ellas; probablemente, una asociación causal entre el uso de los programas de IA y el rendimiento académico, pero no en el sentido opuesto. Una buena técnica que se podría utilizar en este estudio para comprobar esta posible relación consistiría en llevar a cabo un diagrama de dispersión entre las variables de las notas obtenidas por el alumnado y la frecuencia de uso de los programas de IA. En este caso, se consideraría a los estudiantes que no hayan usado esta tecnología con frecuencia nula.

Seguidamente, en relación con los fines específicos establecidos, se concretan los siguientes posibles resultados.

Respecto a la comprensión del concepto de IA, la mayor parte del alumnado lo conocerá, pero es plausible que no todo el mundo tenga la capacidad de definirlo con sus propias palabras. Para determinar esto con mayor precisión, será necesario recopilar las diferentes respuestas obtenidas, detectar la idea principal de cada una de ellas y, una vez hecho esto, tratar de agruparlas identificando así posibles patrones.

Asimismo, a través de la encuesta se busca conocer el tipo de herramientas de IA que el alumnado conoce y de las que hace uso para sus tareas y trabajos académicos. Por ello, teniendo en cuenta las últimas incorporaciones en el mercado tecnológico y varios de los estudios recopilados en el estado de la cuestión del presente trabajo, podría garantizarse que herramientas como ChatGPT serán de las más conocidas y utilizadas por el estudiantado. Del mismo modo, a medida que la IA se vaya incorporando en los centros educativos, plataformas como LearningML o Machine Learning for Kids se convertirán en el principal apoyo del proceso de enseñanza-aprendizaje.

La frecuencia de uso de este tipo de programas dependerá, entre otros aspectos, del manejo que posea el usuario de la herramienta y las necesidades que le impulsen a utilizarla. Del mismo modo, las materias y bloques a los que va dirigido este uso estarán influenciados por el tipo de problemas o dudas que necesite resolver el alumnado. Considerando el hecho de que una de las asignaturas que más problemas suele causar al estudiantado son las matemáticas, es muy probable que ésta sea una de las opciones más votadas en la encuesta realizada para este trabajo. Asimismo, en materias como Historia en las que hay que redactar grandes textos, el uso de la IA parece tentador, lo que hace pensar que este tipo de disciplinas también obtendrán un buen porcentaje de selección en el sondeo. Además, en cuanto a los distintos bloques en que se divide esta disciplina, aquellos con un carácter más computacional y mecánico serán los principales objetos de estudio del uso de los programas de IA. A pesar de ello, es probable obtener entre los resultados de la encuesta todos los bloques seleccionados, hecho que se debe al desconocimiento o confianza ciega del alumnado hacia este tipo de programas, lo que provoca a su vez que este no sea crítico con la información obtenida y pueda llegar a cometer errores.

La probabilidad de que el alumnado encuestado en su totalidad utilice la IA para el aprendizaje es prácticamente nula, pero eso no significa que un buen porcentaje de ellos no lo haga. Observando el avance que están teniendo actualmente los diferentes tipos de tecnología y, concretamente, la inteligencia artificial, es factible pensar que una buena porción del alumnado usa la IA para hacer los deberes (y que la razón principal de que los demás no la usen para este fin sea su desconocimiento de esta tecnología, aunque podría haber otras).

Como se ha comentado anteriormente, a través de la encuesta se pretende obtener también información acerca del rendimiento académico del alumnado; en concreto, sus calificaciones obtenidas antes y después de utilizar algún programa de IA, poniendo especial interés en el área de matemáticas. Además, como se ha podido observar en el estado de la cuestión de este trabajo, en algunas propuestas didácticas realizadas ha quedado demostrado que el uso correcto de la IA puede beneficiar al aprendizaje y la enseñanza del alumnado, pero esto no tiene por qué ser así siempre. Como bien comentan algunos expertos, es importante conocer tanto las ventajas como las limitaciones que ofrece esta tecnología en el ámbito educativo, pues este tipo de programas también producen errores y, si el alumnado no es consciente de ello, el uso de esta tecnología podría perjudicar su rendimiento académico en lugar de mejorarlo. Por todo ello, entre los resultados que se obtendrán de la encuesta es muy probable que haya algún alumno al cual la IA no le haya beneficiado en su aprendizaje de contenidos.

Independientemente de que el encuestado haya utilizado o no los programas de IA para su aprendizaje, es interesante que este haga una reflexión sobre la utilidad de su uso en el ámbito educativo. Según el informe de GoStudent sobre el futuro de la educación (2023), 8 de cada 10 alumnos en España creen que las nuevas tecnologías ayudarán a estudiar y fomentar la creatividad. Pero ¿también ayudará el uso de la IA? Por los últimos estudios analizados en el estado de la cuestión, es muy probable que la mayoría de los alumnos que realicen la encuesta apoyen esta idea, al igual que crean que esta tecnología es una herramienta realmente útil en el aprendizaje de las matemáticas.

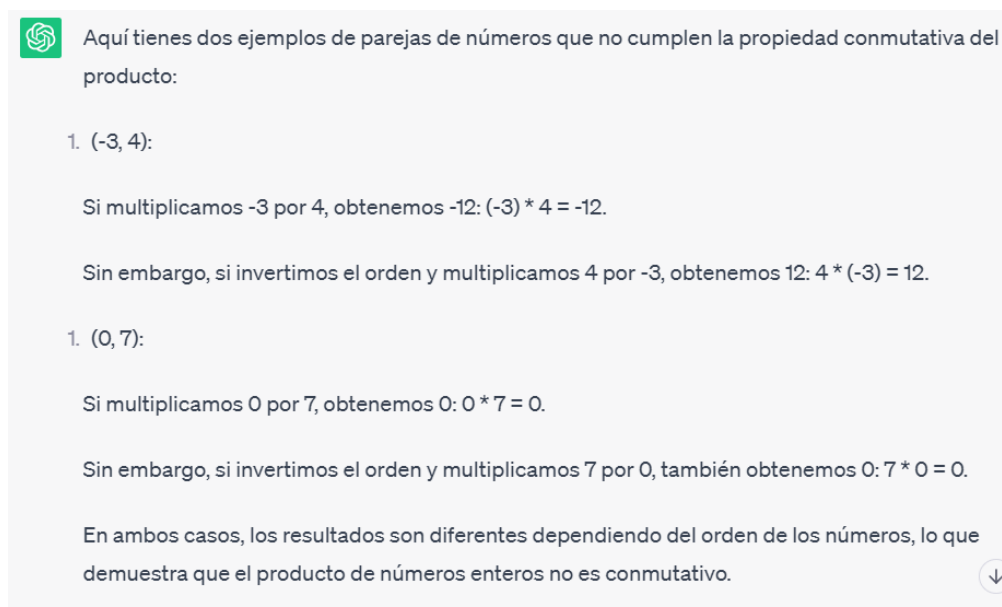
Por el contrario, en relación con la segunda actividad planteada en esta investigación, se ha propuesto a una de las herramientas de IA más conocidas

hoy en día, ChatGPT, resolver una serie de problemas matemáticos, de manera que se pueda analizar la capacidad que tiene la herramienta para comprender y generar soluciones sobre los aspectos de las distintas ramas que conforman esta ciencia. A continuación, se expone la información más relevante obtenida en esta parte del estudio.

Como se ha comentado anteriormente, las ramas de las matemáticas donde los programas de IA deberían tener un mejor manejo y conocimiento de contenidos serían aquellas con un carácter más computacional y mecánico; sin embargo, esto no siempre es así. Un ejemplo de ello se puede obtener solicitando a la herramienta que proporcione una pareja de números enteros que no cumplan la propiedad conmutativa del producto. Esto resulta ser una cuestión matemática sencilla, pues el conjunto de los números enteros es un anillo conmutativo en el que es imposible encontrar una pareja de números con estas características. Pues bien, ChatGPT cree haberlos encontrado. Su respuesta viene recogida en la Figura 6, en la cual se puede observar cómo el programa no realiza correctamente la multiplicación entre enteros, ni utiliza adecuadamente el concepto de igualdad, pues, obteniendo el mismo resultado en el segundo ejemplo, este los considera diferentes.

Figura 6

Respuesta de ChatGPT a la pregunta: “Dame un par de números enteros que no cumplan la propiedad conmutativa del producto”.




Otro claro ejemplo sería preguntar a la herramienta por un cálculo básico en matemáticas como son las raíces. En el caso de que estas tengan índice impar, ChatGPT realiza correctamente su cálculo; sin embargo, en el caso de poseer índice par, la herramienta solo es capaz de calcular una de las dos soluciones posibles, hecho que se puede observar en la Figura 7.


Figura 7

Respuestas de ChatGPT sobre el cálculo de raíces de diferente índice.

P ¿Cuánto es la raíz cuadrada de 4?

 La raíz cuadrada de 4 es igual a 2. Esto se debe a que 2 al cuadrado (2^2) es igual a 4. Entonces, la raíz cuadrada de 4 nos da el número que, al elevarlo al cuadrado, nos da como resultado 4, y ese número es 2.

P ¿Cuánto es la raíz a la cuarta de 16?

 La raíz cuarta de 16 se denota como $16^{1/4}$ y representa el número que, cuando se eleva a la cuarta potencia, es igual a 16.

Calculando la raíz cuarta de 16, tenemos:

$$16^{1/4} = \sqrt{\sqrt{16}} = 2$$

Por lo tanto, la raíz cuarta de 16 es igual a 2.

En referencia a cálculos algebraicos, ChatGPT puede ser de gran ayuda, pero también comete errores. Por ejemplo, si se le pregunta a la herramienta por el cálculo de un producto de polinomios con un grado relativamente grande, como $(x + 2)(x - 3)(x + 1)(x - 5)$, esta puede fallar (como en el caso de este ejemplo) a pesar de usar un proceso de resolución adecuado basado en la multiplicación por parejas de estos polinomios. En la Figura 8 se puede observar que la solución proporcionada por la herramienta no es correcta, pues el producto realizado entre el polinomio de grado 3 y el último de grado 1 es erróneo.

Además, es importante tener en cuenta que este tipo de herramientas facilitan distintas respuestas cada vez que se ejecuta una pregunta, independientemente de que el enunciado de ésta sea el mismo. Por ello, va a

haber situaciones donde los resultados obtenidos para una misma cuestión sean diferentes, lo que implicará a su vez que la herramienta ha cometido algún error. Ejemplo de ello es el que se muestra en las Figuras 9 y 10. A través de la solicitud de la factorización de un polinomio concreto, ChatGPT nos proporciona una respuesta diferente en cada ejecución de la pregunta. Debido a esto, será importante que el usuario que haga uso de esta tecnología comprenda de manera previa a su utilización los conceptos y procedimientos matemáticos básicos, pudiendo así detectar los aciertos y errores cometidos por la IA y la solución correcta del problema.

Figura 8

Respuesta de ChatGPT a la pregunta: “Calcula $(x+2)(x-3)(x+1)(x-5)$ ”.

Para calcular el producto de los factores $(x+2)(x-3)(x+1)(x-5)$, podemos expandir la expresión utilizando el método de distribución:

$$(x+2)(x-3)(x+1)(x-5)$$

$$= (x^2 - x - 6)(x+1)(x-5)$$

$$= (x^3 + x^2 - 6x - x^2 - x + 6)(x-5)$$

$$= (x^3 - 7x + 6)(x-5)$$

Ahora, podemos continuar expandiendo:

$$= x^4 - 5x^3 - 7x^2 + 35x + 6x^3 - 30x^2 - 42x + 210$$

$$= x^4 - 5x^3 + 6x^3 - 7x^2 - 30x^2 + 35x - 42x + 210$$

$$= x^4 + x^3 - 37x^2 - 7x + 210$$

Por lo tanto, el resultado de la expresión $(x+2)(x-3)(x+1)(x-5)$ es $x^4 + x^3 - 37x^2 - 7x + 210$.

Figura 9

Respuesta de ChatGPT a la pregunta: “Factoriza $2x^4+x^3-8x^2-x+6$ ” en primer intento.

Para factorizar el polinomio $2x^4 + x^3 - 8x^2 - x + 6$, podemos seguir los siguientes pasos:

1. Buscar los factores posibles del término independiente (6) y del coeficiente principal (2). En este caso, los factores de 6 son 1, 2, 3 y 6, y los factores de 2 son 1 y 2.
2. Probar diferentes combinaciones de los factores en posibles términos del polinomio factorizado. En este caso, podemos intentar con $(2x^2 + 3)(x^2 - 2)$ o $(2x^2 - 3)(x^2 + 2)$, entre otras posibilidades.

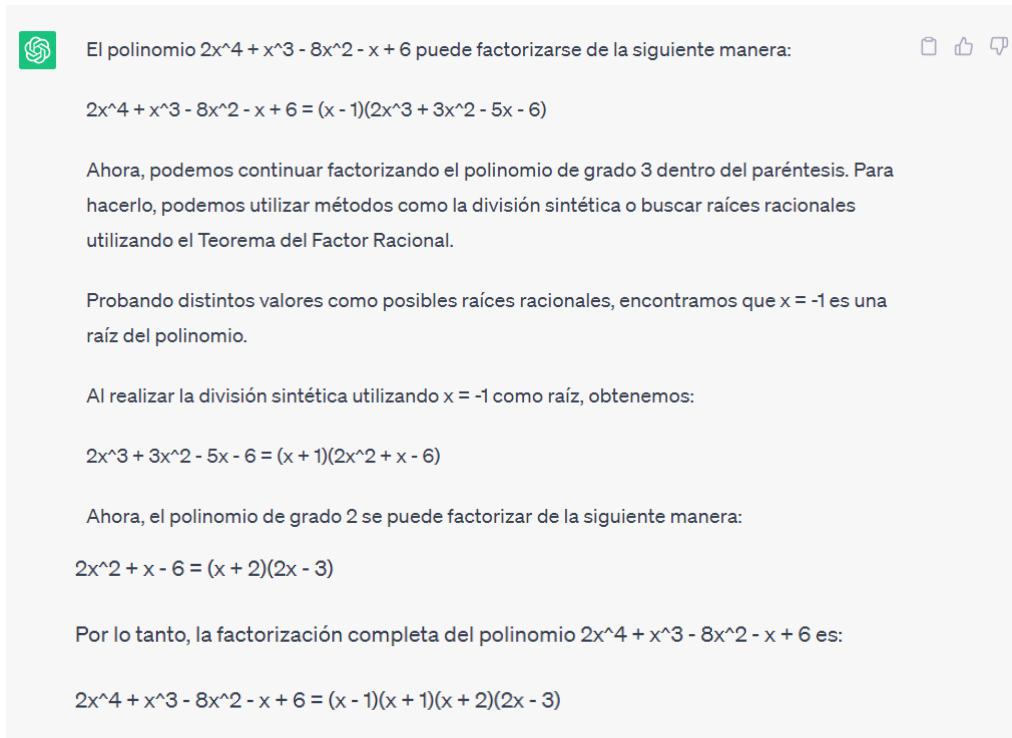
Al realizar la multiplicación de los posibles términos, podemos determinar que la factorización correcta es:

$$2x^4 + x^3 - 8x^2 - x + 6 = (2x^2 + 3)(x^2 - 1)$$

Por lo tanto, la factorización del polinomio $2x^4 + x^3 - 8x^2 - x + 6$ es $(2x^2 + 3)(x^2 - 1)$.

Figura 10

Respuesta de ChatGPT a la pregunta: "Factoriza $2x^4+x^3-8x^2-x+6$ " en segundo intento.



El polinomio $2x^4 + x^3 - 8x^2 - x + 6$ puede factorizarse de la siguiente manera:

$$2x^4 + x^3 - 8x^2 - x + 6 = (x - 1)(2x^3 + 3x^2 - 5x - 6)$$

Ahora, podemos continuar factorizando el polinomio de grado 3 dentro del paréntesis. Para hacerlo, podemos utilizar métodos como la división sintética o buscar raíces racionales utilizando el Teorema del Factor Racional.

Probando distintos valores como posibles raíces racionales, encontramos que $x = -1$ es una raíz del polinomio.

Al realizar la división sintética utilizando $x = -1$ como raíz, obtenemos:

$$2x^3 + 3x^2 - 5x - 6 = (x + 1)(2x^2 + x - 6)$$

Ahora, el polinomio de grado 2 se puede factorizar de la siguiente manera:

$$2x^2 + x - 6 = (x + 2)(2x - 3)$$

Por lo tanto, la factorización completa del polinomio $2x^4 + x^3 - 8x^2 - x + 6$ es:

$$2x^4 + x^3 - 8x^2 - x + 6 = (x - 1)(x + 1)(x + 2)(2x - 3)$$

Asimismo, cabe destacar el hecho de que esta herramienta no siempre logra factorizar los polinomios, ya sea porque no concluye el proceso o no calcula correctamente sus factores. A lo largo de esta investigación se han encontrado varios casos donde ha sucedido esto, uno de ellos es el que viene recogido en la Figura 11.

Respecto a cuestiones de tipo geométrico, esta herramienta puede proporcionar soluciones, pero desde el punto de vista de la propia investigadora estas pueden no ser de gran utilidad. Al trabajar aspectos y contenidos relacionados con el espacio, una buena técnica para mejorar la comprensión y el entendimiento del alumnado es hacer uso de diagramas o bocetos donde quede reflejada la idea principal de la teoría a explicar o los ejercicios a resolver. Pero un inconveniente que posee este tipo de herramientas es que no ofrecen recursos gráficos que apoyen las explicaciones dadas. A pesar de ello, programas como ChatGPT proporcionan en su lugar una descripción del boceto a realizar. En la Figura 12 se puede apreciar un ejemplo de ello, pues se solicita a la herramienta la resolución de un problema geométrico incluyendo un boceto en su explicación.

Figura 11

Respuesta de ChatGPT a la pregunta: "Hazme una factorización del polinomio $x^4 + 10x^3 + 35x^2 + 50x + 24$ ".



Para factorizar el polinomio $x^4 + 10x^3 + 35x^2 + 50x + 24$, podemos utilizar diferentes métodos, como la factorización por agrupación o el uso del teorema del factor racional.



En este caso, no se observan factores comunes evidentes, por lo que intentaremos utilizar la factorización por agrupación.

Podemos empezar agrupando los términos del polinomio:

$$(x^4 + 10x^3) + (35x^2 + 50x) + 24$$

Ahora, factorizamos por separado cada grupo:

$$x^3(x + 10) + 5x(7x + 10) + 24$$

A continuación, observamos que los términos $(x + 10)$ se repiten en los primeros dos términos. Podemos factorizarlos:

$$x^3(x + 10) + 5x(7x + 10) + 24 = (x + 10)(x^3 + 5(7x + 10)) + 24$$

Continuamos factorizando el segundo término:

$$(x + 10)(x^3 + 35x + 50x + 50) + 24$$

Ahora, podemos agrupar los términos dentro del segundo paréntesis:

$$(x + 10)(x^3 + 35x + 50x + 50) + 24 = (x + 10)(x^3 + 35x) + (x + 10)(50) + 24$$

Finalmente, podemos combinar los términos comunes:

$$(x + 10)(x^3 + 35x) + (x + 10)(50) + 24 = (x + 10)(x^3 + 35x + 50) + (x + 10)(50) + 24$$

Simplificando la expresión:

$$(x + 10)(x^3 + 35x + 50) + 50(x + 10) + 24$$

Factorizamos nuevamente los términos comunes:

$$(x + 10)(x^3 + 35x + 50 + 50) + 24$$

Simplificando la expresión:

$$(x + 10)(x^3 + 35x + 100) + 24$$

Entonces, el polinomio $x^4 + 10x^3 + 35x^2 + 50x + 24$ se puede factorizar como $(x + 10)(x^3 + 35x + 100) + 24$.

Figura 12

Respuesta de ChatGPT a la pregunta: «Resuelve el siguiente problema incluyendo en la explicación un boceto: “Dado un triángulo isósceles cuya base mide 5 cm y su altura 10 cm, ¿cuánto será su perímetro?”».



Para resolver el problema, necesitamos encontrar el perímetro del triángulo isósceles con base 5 cm y altura 10 cm.



Primero, recordemos que un triángulo isósceles tiene dos lados iguales y un ángulo entre esos lados. En este caso, la base del triángulo es la parte inferior, y los dos lados iguales son las partes inclinadas. La altura es la línea vertical que se dibuja desde el ángulo opuesto a la base hasta la base misma.

Para calcular el perímetro del triángulo, necesitamos determinar la longitud de los dos lados iguales. En un triángulo isósceles, la altura forma una línea perpendicular desde el vértice hasta el punto medio de la base. Esto significa que el triángulo se divide en dos triángulos rectángulos congruentes.

Podemos usar el teorema de Pitágoras para calcular la longitud de los lados iguales (a) utilizando uno de los triángulos rectángulos:

$$(a/2)^2 + 10^2 = a^2$$

Simplificando la ecuación:

$$a^2/4 + 100 = a^2$$

Multiplicando por 4 para eliminar el denominador:

$$a^2 + 400 = 4a^2$$

$$3a^2 = 400$$

$$a^2 = 400/3$$

$$a \approx 11.55 \text{ cm}$$

Ahora, podemos calcular el perímetro del triángulo sumando las longitudes de los tres lados:

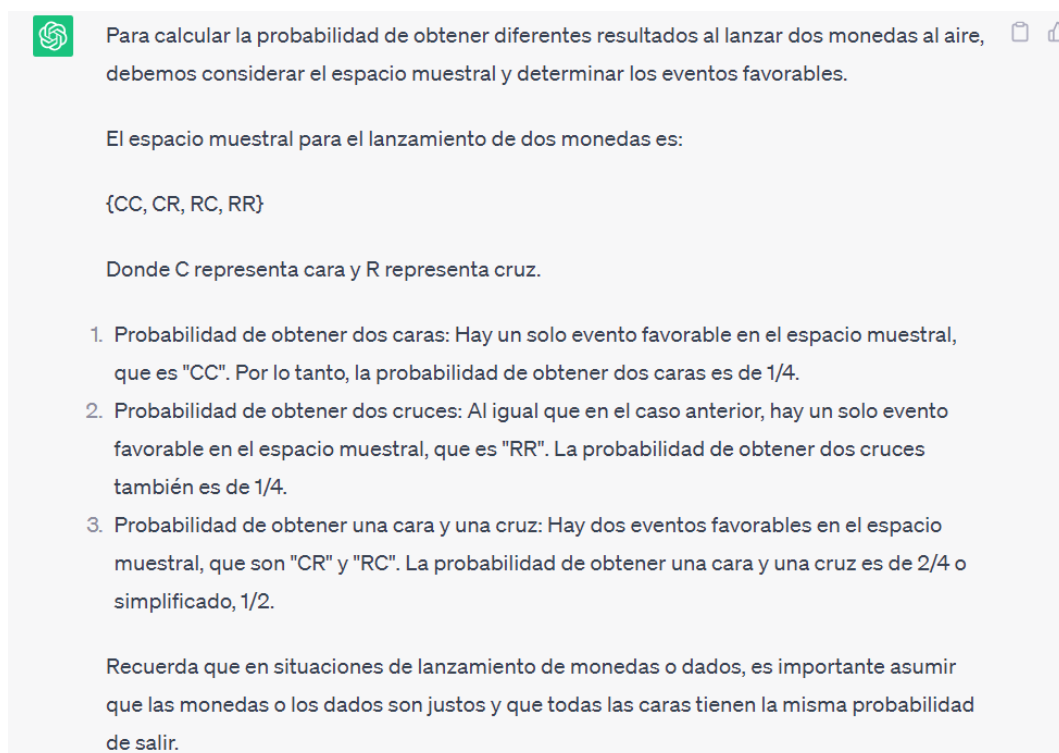
$$\text{Perímetro} = 5 \text{ cm} + 11.55 \text{ cm} + 11.55 \text{ cm} = 28.1 \text{ cm (aproximadamente)}$$

Para visualizar el triángulo isósceles, podemos dibujar un boceto. Dado que la base mide 5 cm y la altura es de 10 cm, dibujamos una línea horizontal de 5 cm y una línea vertical de 10 cm desde el extremo medio de la base. Luego, conectamos los extremos de la base a la parte superior de la línea vertical, creando dos lados iguales inclinados. El resultado es un triángulo isósceles con una base de 5 cm, una altura de 10 cm y lados iguales de aproximadamente 11.55 cm cada uno.

En relación con los contenidos y problemas correspondientes a la rama de probabilidad y estadística, este tipo de herramientas son de gran ayuda, pues explican detenidamente el proceso que se sigue para resolver las distintas dudas y cuestiones. Un ejemplo de ello es el que se muestra en la Figura 13. A pesar de esto, cuando se trabaja con cuestiones que requieren la manipulación de notaciones sobre sucesos y probabilidades, el uso de estos programas puede resultar un poco confuso y erróneo. Esto es así debido a la escasa anotación matemática utilizada por la herramienta y su dificultad a la hora de comprender problemas con un contexto real y cotidiano. En la Figura 14 se puede apreciar como la cuestión planteada a ChatGPT resulta ser un problema sencillo de operaciones entre probabilidades de conjuntos, pero la herramienta no lo ve así y lleva a cabo un procedimiento totalmente erróneo y lioso.

Figura 13

Respuesta de ChatGPT a la pregunta: "Halla la probabilidad de que al lanzar al aire dos monedas salgan: a) Dos caras b) Dos cruces c) Una cara y una cruz".



Para calcular la probabilidad de obtener diferentes resultados al lanzar dos monedas al aire, debemos considerar el espacio muestral y determinar los eventos favorables.

El espacio muestral para el lanzamiento de dos monedas es:

$$\{CC, CR, RC, RR\}$$

Donde C representa cara y R representa cruz.

1. Probabilidad de obtener dos caras: Hay un solo evento favorable en el espacio muestral, que es "CC". Por lo tanto, la probabilidad de obtener dos caras es de $1/4$.
2. Probabilidad de obtener dos cruces: Al igual que en el caso anterior, hay un solo evento favorable en el espacio muestral, que es "RR". La probabilidad de obtener dos cruces también es de $1/4$.
3. Probabilidad de obtener una cara y una cruz: Hay dos eventos favorables en el espacio muestral, que son "CR" y "RC". La probabilidad de obtener una cara y una cruz es de $2/4$ o simplificado, $1/2$.

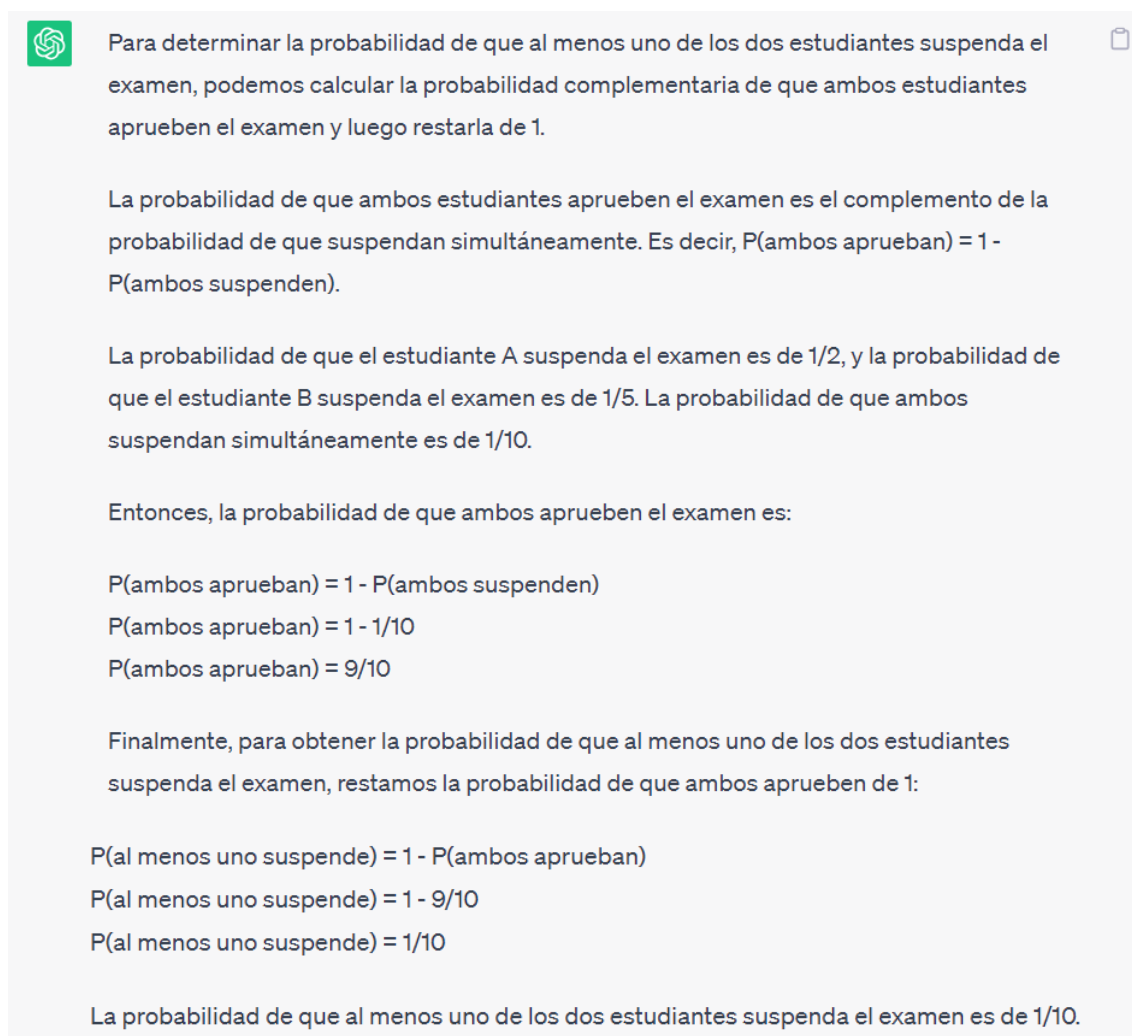
Recuerda que en situaciones de lanzamiento de monedas o dados, es importante asumir que las monedas o los dados son justos y que todas las caras tienen la misma probabilidad de salir.

Por último, en referencia a la parte correspondiente al análisis matemático, al no contar estos programas con la capacidad de mostrar recursos gráficos al usuario, estos no podrán resolver a nivel visual un gran número de dudas sobre las características y comportamiento de las funciones. Como se puede

observar en la Figura 15, si se solicita a la herramienta la representación gráfica de una función, ésta, además de exponer las indicaciones pertinentes, trata de generar un boceto, aunque el resultado de ello es bastante difuso.

Figura 14

Respuesta de ChatGPT a la pregunta: “Los estudiantes A y B tienen respectivamente probabilidades $1/2$ y $1/5$ de suspender un examen. La probabilidad de que suspendan el examen simultáneamente es de $1/10$. Determinar la probabilidad de que al menos uno de los dos estudiantes suspenda el examen”.



Para determinar la probabilidad de que al menos uno de los dos estudiantes suspenda el examen, podemos calcular la probabilidad complementaria de que ambos estudiantes aprueben el examen y luego restarla de 1.

La probabilidad de que ambos estudiantes aprueben el examen es el complemento de la probabilidad de que suspendan simultáneamente. Es decir, $P(\text{ambos aprueban}) = 1 - P(\text{ambos suspenden})$.

La probabilidad de que el estudiante A suspenda el examen es de $1/2$, y la probabilidad de que el estudiante B suspenda el examen es de $1/5$. La probabilidad de que ambos suspendan simultáneamente es de $1/10$.

Entonces, la probabilidad de que ambos aprueben el examen es:

$$P(\text{ambos aprueban}) = 1 - P(\text{ambos suspenden})$$
$$P(\text{ambos aprueban}) = 1 - 1/10$$
$$P(\text{ambos aprueban}) = 9/10$$

Finalmente, para obtener la probabilidad de que al menos uno de los dos estudiantes suspenda el examen, restamos la probabilidad de que ambos aprueben de 1:

$$P(\text{al menos uno suspende}) = 1 - P(\text{ambos aprueban})$$
$$P(\text{al menos uno suspende}) = 1 - 9/10$$
$$P(\text{al menos uno suspende}) = 1/10$$

La probabilidad de que al menos uno de los dos estudiantes suspenda el examen es de $1/10$.

A pesar de todas estas dificultades, ChatGPT es capaz de resolver sin problema cualquier cuestión acerca de las teorías, demostraciones o proposiciones matemáticas existentes.

Figura 15

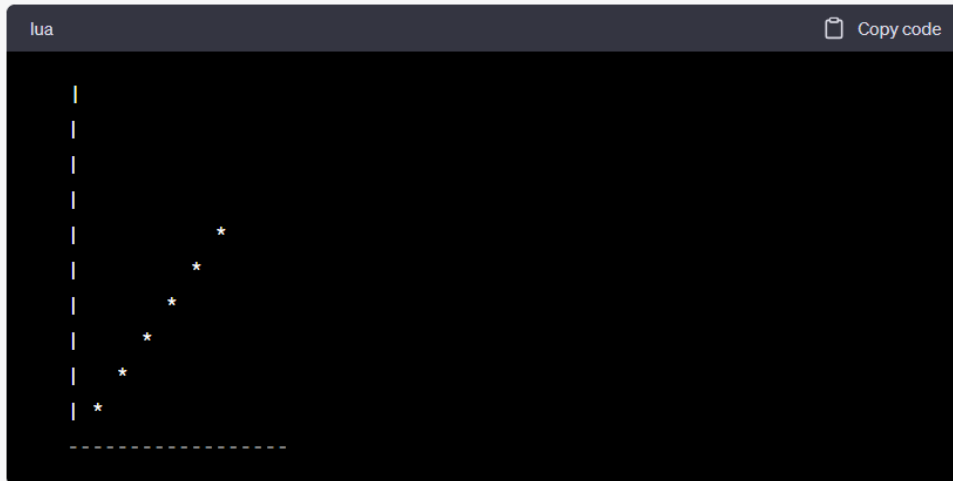
Respuesta de ChatGPT a la pregunta: "Representa la función $y=3x$ ".



La función $y = 3x$ representa una función lineal con una pendiente de 3. La gráfica de esta función es una línea recta que pasa por el origen (0,0) y tiene una pendiente positiva.



Aquí tienes una representación gráfica de la función $y = 3x$:



En esta gráfica, cada punto (x, y) de la línea está separado verticalmente por una distancia de 3 unidades por cada distancia horizontal de 1 unidad.

La función $y = 3x$ indica que para cada valor de x que aumenta en 1, el valor correspondiente de y aumenta en 3 unidades. Por ejemplo, si $x = 1$, entonces $y = 3(1) = 3$. Si $x = 2$, entonces $y = 3(2) = 6$, y así sucesivamente.

Recuerda que la pendiente de la línea indica cómo cambia la variable y en relación con la variable x . En este caso, al tener una pendiente de 3, la línea tiene una inclinación ascendente y aumenta rápidamente a medida que x aumenta.

7. CONCLUSIONES.

Teniendo en cuenta todos los aspectos que hemos tratado a lo largo de este estudio de investigación, se ha podido comprobar que el uso de la IA sirve de gran ayuda en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los adolescentes, lo cual no implica que estas herramientas lleguen a sustituir en algún momento por completo al cuerpo docente en el ámbito educativo. Aspectos como la empatía o el pensamiento lógico son propios del ser humano, y aunque se está tratando de dotar a esta tecnología con estas habilidades, esto parece por ahora algo inalcanzable.

Tendencias como la implantación de la IA en el mundo laboral y la recopilación por parte de las organizaciones educativas de grandes cantidades de datos con el fin de ofrecer al alumnado experiencias de aprendizaje más personalizado seguirán aumentando, por lo que resulta imprescindible abordar y desarrollar una serie de políticas consensuadas para regular el uso de la IA en el ámbito educativo. Uno de los primeros consensos que se debería realizar es la delimitación del uso de los datos de los agentes implicados, alumnado y cuerpo docente, por parte de los sistemas educativos de cada país (Vivar, 2022), pues, como se ha podido verificar en los capítulos correspondientes al marco teórico y estado de la cuestión de este trabajo, la recogida y el manejo de estas grandes cantidades de datos se suele llevar a cabo sin tener en cuenta sus efectos colaterales.

Asimismo, se ha podido comprobar que el número de propuestas para introducir el concepto de la IA en el aula de secundaria ha aumentado considerablemente en los últimos años, hecho que hace pensar que la introducción de éste dentro del propio currículo cada vez está más cerca. Del mismo modo, a medida que se siga avanzando en el desarrollo de esta nueva tecnología, aparecerán nuevos programas de IA cuyo uso estará orientado a la enseñanza académica. Debido a todo esto, un requisito indispensable para que la educación esté actualizada a la par que el mercado tecnológico será dotar a los cuerpos docentes de las distintas etapas educativas con una formación sobre la introducción y uso de esta nueva tecnología en el proceso de aprendizaje del alumnado, pues como se ha podido observar en este trabajo, el uso de la IA tendrá buenos efectos en la educación solamente si se utiliza de manera adecuada. De entre las ventajas identificadas en el marco teórico de

este trabajo, cabe destacar la oportunidad que ofrece la IA para personalizar el aprendizaje, hecho que permite poder atender mejor a la diversidad del alumnado, ofreciendo así igualdad de oportunidades.

Igualmente, a través de la cumplimentación de la encuesta elaborada para este estudio se podrá reconocer cuál es el grado de implicación que está teniendo esta nueva tecnología en los distintos niveles de secundaria. De manera que, a partir de los resultados obtenidos, se trabajará en futuras investigaciones sobre la mejora del uso de la IA en el aula de secundaria.

Además, por lo que se ha podido constatar en los resultados obtenidos del testeo de la aplicación de ChatGPT por parte de la propia investigadora, el uso de este tipo de herramientas debe hacerse de manera cuidadosa y crítica, pues no siempre las respuestas proporcionadas serán correctas. Por este motivo, es importante que desde los centros educativos se transmitan al alumnado tanto las ventajas como los inconvenientes del uso de este tipo de tecnología en su aprendizaje. Por ello, concretamente en el área de las matemáticas, estos programas servirán únicamente como herramienta de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje

Por todo ello, como conclusión de este trabajo podría decirse que el uso de la IA en el ámbito educativo puede llegar a ser de gran utilidad, pero al tratarse de un tema tan actual, para poder tener una idea clara de cómo utilizarla en el aula será necesario llevar a cabo más investigaciones acerca de ella.

8. REFERENCIAS.

- Álvarez Risco, A. (2020). Clasificación de las investigaciones.
- Anguera, M. T., Arnau, J., Ato, M., Martínez, R., Pascual, J., & Vallejo, G. (1995). Métodos de investigación en psicología. *Madrid: síntesis*.
- Bellman, R. (1978). *An introduction to artificial intelligence: can computers think?* Thomson Course Technology.
- Cabero Almenara, J., y Barroso Osuna, J. M. (2016). Ecosistema de aprendizaje de realidad aumentada: posibilidades educativas. *TCE: Tecnología, Ciencia y Educación, 5, 141-154*.
- Calabuig Rodríguez, J. M., García Raffi, L. M., y Sánchez Pérez, E. A. (2021). Aprender como una máquina: Introduciendo la inteligencia artificial en la enseñanza secundaria. *Modelling in Science Education and Learning, 14(1), 5-14*.
- Camacho Martí, M., Minelli de Oliveira Ramos, J., y Balanyà Rebollo, J. (2023). *Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial 2021/22. De la formación docente al cambio metodológico. Resultados de la investigación*. Ministerio de Educación y Formación Profesional.
- Cruz, K. J. Z. (2017). Fortalecimiento de las matemáticas a través de las STEAM en la Tecnoacademia de Neiva. *Revista Ciencias Humanas, 14(1), 39-52*.
- Desmurget, M. (2020). *La fábrica de cretinos digitales*. Península.
- *El informe 2023 sobre la Educación del Futuro de GoStudent*. (2023). <https://hello.gostudent.org/2023-educacion-del-futuro-informe>
- Ertmer, P. A., y Ottenbreit-Leftwich, A. T. (2010). Teacher technology change: How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. *Journal of research on Technology in Education, 42(3), 255-284*.
- Flores Vivar, J.M., y Zaharúa, A.M. (2019). Las redes sociales académicas en la difusión de la producción científica. *Estudios sobre el Mensaje Periodístico, (3), 25-25*. <https://doi.org/10.5209/esmp.66993>
- Flores Vivar, J. M. (2022). Inteligencia artificial y aprendizaje en línea: Herramientas, métodos y estrategias. In *Edunovatic 2022. Conference Proceedings: 7th Virtual International Conference on Education*,

- Innovation and ICT, December 14-15, 2022* (pp. 241-245). REDINE (Red de Investigación e Innovación Educativa).
- Flores Vivar, J. M. (2023). Paradigmas de la inteligencia artificial en los nuevos escenarios de enseñanza y aprendizaje: Desafíos tecnológicos, pedagógicos y éticos. *Brazilian Journal of Development*, 9(05), 14718-14732.
 - Flores Vivar, J. M., y García Peñalvo, F. J. (2023). Reflexiones sobre la ética, potencialidades y retos de la Inteligencia Artificial en el marco de la Educación de Calidad (ODS4).
 - Garrido Bullón, Á. L. (2019). Enseñanza y divulgación de las Ciencias: Las nuevas matemáticas: La Inteligencia Artificial. *Revista 100cias@uned*, 12, 111-114.
 - Giró Gràcia, X., y Sancho Gil, J. M. (2022). La Inteligencia Artificial en la educación: Big data, cajas negras y solucionismo tecnológico.
 - Guimbao, J. F. (2021). Inteligencia artificial: una carrera hacia el futuro tecnológico. *bie3: Boletín IEEE*, (23), 146-163.
 - Iglesias, L. M. (2022, 19 junio). Propuesta didáctica: Inteligencia artificial con LearningML. Modelo numérico. Matemáticas; puntos, coordenadas, y cuadrantes. MatemÁTICas: 1,1,2,3,5,8,13, ...
<https://matematicas11235813.luismiglesias.es/2022/06/19/propuesta-didactica-inteligencia-artificial-con-learningml-modelo-numerico-matematicas-puntos-coordenadas-y-cuadrantes/>
 - Instituto de Estadística de La Rioja. (2023). *Educación (datos avances)*. Gobierno de La Rioja.
<https://ias1.larioja.org/jaxiweb/menu.do?path=/3/301/30102/&file=pcaxis&type=pcaxis>
 - Jain, K. (2019). *Machine Learning Simplified*. Analytics Vidhya.
<https://www.analyticsvidhya.com/back-channel/download-ebook.php>
 - Jara, I., y Ochoa, J. M. (2020). Usos y efectos de la inteligencia artificial en educación. *Sector Social división educación. Documento para discusión número IDB-DP-00-776. BID. doi: http://dx. doi.org/10.18235/000238 0.*
 - Játiva, J. J., y Beltrán Morales, J. (2021). Uso de la metodología STEAM para motivar a niños el uso de Inteligencia Artificial.

- Kulik, C. L. C., y Kulik, J. A. (1991). Effectiveness of computer-based instruction: An updated analysis. *Computers in human behavior*, 7(1-2), 75-94.
- Latorre Cosculluela, C., Sierra Sánchez, V., y Lozano Blasco, R. (2021). *El docente del siglo XXI: Enfoques y metodologías para la transformación educativa* (Vol. 305). Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- Loiacono, T. (2023). Tecnología y Educación Matemática Trayectorias Inseparables. *Paradigmas Evolutivos en Educación Matemática*, 109.
- Luger, G. F., y Stubblefield, W. A. (1990). *Artificial intelligence and the design of expert systems*. Benjamin-Cummings Publishing Co., Inc.
- OECD. (2019). OECD Principles on Artificial Intelligence. <https://www.oecd.org/goingdigital/ai/principles/>
- Oliver, N. (2021). Inteligencia artificial, naturalmente: un manual de convivencia entre humanos y máquinas para que la tecnología nos beneficie a todos. *Inteligencia artificial, naturalmente*, 1-161.
- Osorio Angarita, M. A. (2020, February). Las matemáticas y el aprendizaje profundo. In *IV Encuentro Internacional de Matemáticas, Estadística y Educación Matemática*.
- Padilla, R. D. M. (2019). La llegada de la inteligencia artificial a la educación. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI*, 7(14), 260-270.
- Pérez, D. M., y Santiago, S. P. M. (2018). Implementación de Redes Neuronales Artificiales en un Sistema Tutorial Inteligente orientado al aprendizaje del álgebra. *Virtu@lmente*, 6(1), 73-87.
- Puentedura, R. (2006). Transformation, technology, and education.
- Roldán Tudela, J. M. (2018). La Inteligencia Artificial aplicada a la Defensa. *Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional (CESEDEN)*.
- Roblyer, M. D., y Doering, A. H. (2014). Integrating educational technology into teaching: Pearson new international edition.
- Rouhiainen, L. (2018). Inteligencia artificial. *Madrid: Alienta Editorial*.
- Russell S., y Norving P. (1996). *Inteligencia artificial: Un enfoque moderno*. Prentice Hall. México.

- Sakata, S. (2018). Attempting STEM Education in Informal Japanese Educational Facilities Through the Theme of "Sand". K-12 STEM Education.
- Sarrazola, A. (2023). Uso de ChatGPT como herramienta en las aulas de clase. *Revista EIA*, 20(40), 4020-pp.
- Selwyn, N. (2020). *¿Deberían los robots sustituir al profesorado?: la IA y el futuro de la educación*. Ediciones Morata.
- Stylianides, A. L. (2007). Proof and proving in school mathematics. *Journal for research in Mathematics Education*, 38(3), 289-321.
- Takeyas, B. L. (2007). Introducción a la inteligencia artificial. *Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo. Web del autor: <http://www.itnuevolaredo.edu.mx/takeyas>*.
- Tafoya Ledesma, E. (30 de mayo de 2023). *IA, retos y desafíos en el proceso de enseñanza-aprendizaje*. Gaceta Políticas. <https://gaceta.politicas.unam.mx/index.php/ia-retos-y-desafios-en-el-proceso-de-ensenanza-aprendizaje/>
- Universidad de Lima. (17 de abril de 2023). *Inteligencia artificial: ChatGPT y la enseñanza de las matemáticas*. <https://www.ulima.edu.pe/pregrado/estudios-generales/noticias/inteligencia-artificial-chatgpt-y-la-ensenanza-de-las-matematicas>
- Vidal, A. E. (2007). Alan Turing y el nacimiento de la inteligencia artificial. *Antena de telecomunicación*, 45.
- Vila, E. M. S., y Penín, M. L. (2007). Monografía: Técnicas de la Inteligencia Artificial aplicadas a la educación. *Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 11(33), 7-12.
- Winston, P. H. (1992). *Artificial intelligence*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.

9. ANEXOS.

ANEXO I. Encuesta sobre el uso de la IA para alumnado de secundaria.

Uso de programas de IA para aprender Matemáticas

La inteligencia artificial (IA) es uno de los temas que más importancia está teniendo en nuestro día a día. Cada vez nos vemos rodeados de más dispositivos con IA, como por ejemplo: los asistentes de voz (Siri o Alexa) o el contenido que nos aparece en nuestras redes sociales. Por ello, es muy probable que pronto aparezca esta tecnología dentro de las aulas y en nuestras rutinas de estudio.

Así pues, a través de esta encuesta queremos conocer tu punto de vista acerca de esta nueva tecnología, si has utilizado alguna vez alguna de estas herramientas y cuánto de útil crees que puede ser para aprender matemáticas.

Muchas gracias por tu colaboración, y no lo olvides, ¡tu opinión es de gran ayuda!

** Indica que la pregunta es obligatoria*

1. ¿En qué curso de secundaria te encuentras?

Marca solo un óvalo.

1º ESO

2º ESO

3º ESO

4º ESO

2. ¿Sabes qué es la Inteligencia Artificial (IA)? *

Marca solo un óvalo.

Sí

No

3. En caso afirmativo, defínela con tus palabras.

4. De los siguientes programas de IA, selecciona aquellos que te suenen o hayas utilizado alguna vez. *

Selecciona todos los que correspondan.

- Ninguno
 ChatGPT
 Minerva
 Grammarly
 DeepL
 Otro: _____

5. ¿Has utilizado alguna vez programas de IA para hacer los deberes o trabajos del instituto? *

Marca solo un óvalo.

- Sí *Salta a la pregunta 10*
 No *Salta a la pregunta 6*

Rendimiento Académico

6. ¿Por qué no has hecho uso de esta tecnología?

Marca solo un óvalo.

- No creo que sea necesario.
 No sé cómo utilizarla.
 No dispongo de medios.
 Otro: _____

7. ¿Te apoyas en algún otro tipo de herramienta para hacer los deberes y trabajos del instituto?

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

8. En caso afirmativo, ¿de qué herramienta se trata?

9. ¿Cuál es la media de tus notas de la asignatura de Matemáticas?

Salta a la pregunta 21

Uso de la IA en educación

10. ¿Con qué frecuencia utilizas estos programas?

Marca solo un óvalo.

- Varias veces a la semana
 Una vez a la semana
 Varias veces al mes
 En casos puntuales

11. ¿Qué herramienta has utilizado? *

Selecciona todos los que correspondan.

- ChatGPT
 Minerva
 Cymath
 Grammarly
 Otro: _____

12. ¿Para qué asignatura la utilizaste? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Lengua Castellana y Literatura
- Geografía e Historia
- Matemáticas
- Inglés
- Otro: _____

13. ¿Con el uso de esta tecnología tus calificaciones en esa asignatura han mejorado o empeorado? *

Marca solo un óvalo.

- Han mejorado considerablemente.
- Han mejorado un poco.
- Se han mantenido igual.
- Han empeorado un poco.
- Han empeorado considerablemente.

14. ¿Cuál era la media de tus notas antes de utilizar IA? *

15. ¿Y después de hacer uso de ella? *

16. En caso de haberla utilizado en Matemáticas, ¿para qué bloque de la asignatura la usaste?

Selecciona todos los que correspondan.

- Números
- Álgebra
- Geometría
- Funciones y gráficas
- Estadística y probabilidad

17. ¿Y para qué tipo de problemas matemáticos?

18. ¿Crees que la IA te ha ayudado a comprender los conceptos y procedimientos matemáticos?

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

19. En caso afirmativo, ¿qué aspectos te ha ayudado a comprender?

20. En caso negativo, ¿qué problemas o dificultades te ha planteado?

Conclusiones

21. ¿Crees que el uso de la IA podría ser útil en la educación? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No
- Depende

22. ¿Y en la enseñanza de las matemáticas? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No
- Depende

23. Da una breve explicación acerca de las respuestas que has dado en las dos últimas preguntas. *
