

**DISEÑO DE UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA APLICACIÓN DE
LA IAGen PARA EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS NATURALES EN
ESTUDIANTES DE SECUNDARIA BAJO EL ENFOQUE STEM**

Leidy Lorena Bernal Acosta

<https://orcid.org/0009-0004-6517-3516>

Andrés Pulido Hernández

<https://orcid.org/0009-0003-1055-8825>

Universidad Santo Tomás

Facultad de Educación

Programa de Maestría en Educación STEM para el Desarrollo Social

Asesor: Dr. Yonier Hernández Echavarría

2025



Resumen

La Inteligencia Artificial Generativa (IAGen) está transformando la educación al potenciar la personalización del aprendizaje, el uso de simulaciones y la colaboración. Este proyecto analiza su integración en el aprendizaje de las ciencias naturales dentro de un enfoque STEM, mediante una Olimpiada de Ciencias mediada por IAGen. En esta, estudiantes de bachillerato investigan problemáticas ambientales relacionadas con el uso del suelo y cuerpos de agua cercanos a sus colegios y en diferentes zonas del país. La investigación, de enfoque cualitativo e intervención, evalúa una estrategia pedagógica STEM con IAGen para desarrollar habilidades científicas y computacionales, estructurada en cuatro fases: diagnóstico, concepción, diseño y validación, promoviendo pensamiento crítico, autonomía y ética. Los resultados evidencian un uso limitado de la IAGen en tareas científicas avanzadas y en herramientas digitales más allá de Chatbots como Chat GPT, destacando la necesidad de fortalecer la formación en IA aplicada en la ciencia escolar. Se concluye que la IAGen tiene un gran potencial educativo si se reorienta su uso, promoviendo su integración como una herramienta clave para el aprendizaje científico y el desarrollo de competencias, más allá de los chatbots, explorando todo su alcance en la educación STEM.

Palabras clave: Inteligencia Artificial Generativa (IAGen), Educación STEM, Aprendizaje personalizado, Olimpiada de Ciencias, Habilidades científicas y computacionales



Abstract

Generative Artificial Intelligence (GenAI) is transforming education by enhancing personalized learning, the use of simulations, and collaboration. This project analyzes its integration into natural science learning within a STEM approach through a GenAI-mediated Science Olympiad. In this context, high school students investigate environmental issues related to land use and nearby bodies of water in their schools and in different regions of the country. The research, with a qualitative and intervention approach, evaluates a STEM pedagogical strategy using GenAI to develop scientific and computational skills, structured in four phases: diagnosis, conception, design, and validation, fostering critical thinking, autonomy, and ethics. The results show a limited use of GenAI in advanced scientific tasks and in digital tools beyond chatbots like ChatGPT, highlighting the need to strengthen training in AI applied to school science. It is concluded that GenAI has great educational potential if its use is reoriented, promoting its integration as a key tool for scientific learning and skills development, beyond chatbots, exploring its full scope in STEM education.

Keywords: Generative Artificial Intelligence (GenAI), STEM Education, Personalized Learning, Science Olympiad, Scientific and Computational Skills



Tabla de contenido

<i>Introducción</i>	6
<i>Justificación</i>	10
<i>Preliminares: Delimitación del marco de trabajo para el abordaje de la realidad</i>	12
Diagnóstico de la realidad:	12
Identificación:	12
Descripción de la población y muestra del proyecto de investigación	13
Características del Contexto	16
Formulación:	17
Oportunidades de innovación / alternativas de solución:	17
<i>Propósito y objetivos</i>	19
Propósito:	19
Objetivo general:	19
Objetivos específicos:	19
Matriz de medición de impacto educativo y social:	20
<i>Marco de referencia</i>	23
Marco contextual	23
Revisión de estado del arte	23
Marco teórico	25
Globalización	25
Inteligencia Artificial	28
Pensamiento científico	33
Marco conceptual	34
Enfoque STEM:	34
Inteligencia Artificial (IA):	35
Inteligencia Artificial en la Educación:	35
Aprendizaje de las Ciencias Naturales:	36
Educación:	36
Marco legal y normativo	37
<i>Marco metodológico</i>	39
Categorización de la realidad educativa a abordar:	39
Enfoque de investigación: Cualitativo	40
Tipo de investigación:	41
Tipo de estudio:	41
Técnicas de recolección de información:	41
Técnicas de análisis de información:	43

Aplicación y análisis de resultados preliminares:	43
Procedimiento:	44
Producto o resultado esperado:	44
Descripción de la población y muestras:	45
Matriz de interesados y beneficiarios:	46
Recursos previstos	47
<i>Resultados y análisis de resultados</i>	48
Diagnóstico	49
Representación conceptual, diseño del prototipo	66
Prototipo de la estrategia pedagógica	67
Validación estrategia	68
Mediante experto	68
Mediante usuarios	69
Colegio Argelia	77
<i>Conclusiones</i>	78
<i>Visión prospectiva del proyecto</i>	79
Lecciones aprendidas:	79
Fortalezas de la estrategia:	79
Oportunidades de mejora:	80
Recomendaciones para replicabilidad	80
Ideas para nuevos proyectos	80
<i>Consideraciones éticas</i>	81
<i>ANEXOS</i>	82
ANEXO A: ENCUESTA DIAGNÓSTICO	82
ANEXO B. PROTOTIPO ESTRATEGIA	84
ANEXO C. FORMATO DE VALIDACIÓN POR EXPERTO.	118
ANEXO D. FICHA TÉCNICA ENCUESTA	129
ANEXO E. LIMITACIONES DE INVESTIGACIÓN.	133
1. Contexto de la investigación	133
2. Limitaciones	133
a) Limitaciones de tipo metodológico	133
b) Limitaciones contextuales	133
3. Implicaciones	134

ANEXO F. ABC PROYECTO DE LEY DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN COLOMBIA.	135
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	<i>139</i>



INDICE DE TABLAS

TABLA 1. DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN Y MUESTRA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	15
TABLA 2. OPORTUNIDADES DE INNOVACIÓN, ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.	18
TABLA 3. MATRIZ DE MEDICIÓN DE IMPACTO EDUCATIVO Y SOCIAL	21
TABLA 4. MARCO LEGAL Y NORMATIVO	38
TABLA 5. CATEGORIZACIÓN DE LA REALIDAD EDUCATIVA	40
TABLA 6. MATRIZ DE FASES, OBJETIVOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.	42
TABLA 7. PRODUCTO Y RESULTADO ESPERADO	45
TABLA 8. ESTUDIANTES INVOLUCRADOS EN EL PROYECTO	47
TABLA 9. INTERESES Y POSIBLES DIFICULTADES DE LOS INTERESADOS EN LA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA APLICACIÓN DE LA IAGEN	47
TABLA 10. RECURSOS NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA.	48
TABLA 11. CATEGORÍAS, PREGUNTAS Y CRITERIOS DE LA ENCUESTA DIAGNÓSTICA	49
TABLA 12. NÚMERO DE ESTUDIANTES ENCUESTADOS	50
TABLA 13. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS GRUPOS POR INDICADORES.	72
TABLA 14. MEDIAS (PROMEDIOS) DE LOS RESULTADOS POR CURSOS Y POR INDICADORES.	74
TABLA 15. MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL, MÍNIMO Y MÁXIMO, Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR.	75
TABLA 16. FORTALEZAS Y APORTES DE LA ESTRATEGIA.	78



INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO IMPLEMENTACIÓN DE LA IA GEN	14
FIGURA 2. FASES METODOLÓGICAS DEL PROCESO DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA PEDAGÓGICA	45
FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN DE LOS ESTUDIANTES ENCUESTADOS POR GRADO Y COLEGIO .	51
FIGURA 4. NÚMERO DE ESTUDIANTES (%) QUE HAN UTILIZADO LA IA PARA ESTUDIAR O HACER TAREAS EN EL COLEGIO ARGELIA IED Y GIMNASIO LOS ARRAYANES BILINGÜE.	52
FIGURA 5. HERRAMIENTAS MÁS USADAS POR LOS ESTUDIANTES DE BACHILLERATO DE LOS COLEGIOS ARGELIA IED Y GIMNASIO LOS ARRAYANES BILINGÜE.	53
FIGURA 6. PERCEPCIÓN DE BENEFICIOS DEL USO DE IA ENTRE LOS ESTUDIANTES DE BACHILLERATO DE LOS COLEGIOS ARGELIA IED Y GIMNASIO LOS ARRAYANES BILINGÜE.	55
FIGURA 7. FAMILIARIDAD DE LOS ESTUDIANTES CON EL TÉRMINO STEM	57
FIGURA 8. INTERESES COMUNES ENTRE QUIENES HAN ESCUCHADO EL TÉRMINO STEM	59
FIGURA 9. INTERÉS DE PROMOCIÓN DE ACTIVIDADES PRÁCTICAS Y LABORATORIOS RELACIONADOS CON STEM EN EL COLEGIO.	61
FIGURA 10. PERCEPCIÓN DE LA FRECUENCIA DE USO DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO EN LA VIDA DIARIA Y ESCUELA POR LOS ESTUDIANTES	62
FIGURA 11. PERCEPCIÓN DE LOS ESTUDIANTES EN CUANTO A SI LA ESCUELA ENSEÑA A PENSAR DE MANERA CIENTÍFICA Y CRÍTICA	63
FIGURA 12. PERCEPCIÓN DE LOS ESTUDIANTES EN CUANTO A SI EL PENSAMIENTO CIENTÍFICO APORTA EN LA COMPRESIÓN Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE LA VIDA REAL.	63
FIGURA 13. ASIGNATURAS QUE PERCIEN LOS ESTUDIANTES COMO PRINCIPALES PROMOTORAS DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO EN LA ESCUELA.	65
FIGURA 14. MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL DE LOS RESULTADOS DE CADA INDICADOR EN LA ESTRATEGIA	76



Introducción

En el contexto actual, el siglo XXI se caracteriza por grandes transformaciones impulsadas por la innovación tecnológica, los cambios geopolíticos y los desafíos globales que moldean nuestra realidad de maneras sin precedentes. La inteligencia artificial generativa (IAGen) emerge como una de las herramientas más significativas en esta era, siendo un campo de la informática que se enfoca en el desarrollo de sistemas y programas capaces de realizar tareas que, de manera inteligente, normalmente requerirían la intervención humana (Russell, 2020). La creciente autonomía de la IAGen plantea retos tanto en términos de su implementación como en su impacto en la educación, lo que requiere un análisis cuidadoso y un enfoque reflexivo en su integración.

El uso adecuado de la IAGen en los ambientes de aprendizaje es un aspecto crítico que merece atención. La implementación de tecnologías basadas en IA puede transformar la forma en que los estudiantes aprenden y los educadores enseñan. Sin embargo, es vital que este uso se realice de manera responsable y ética. Un estudio de Luckin *et al.* (2016) subraya que, si bien la IAGen puede ofrecer personalización y adaptabilidad en el aprendizaje, también puede perpetuar sesgos y desigualdades si no se gestiona correctamente. Por lo tanto, la educación debe ir acompañada de una reflexión crítica sobre las implicaciones de estas tecnologías.

La teoría del constructivismo, como modelo pedagógico, sostiene que el aprendizaje es un proceso activo donde los estudiantes construyen su propio conocimiento a través de la interacción con su entorno y la reflexión sobre esas experiencias (Piaget, 1976), que si bien, en la actualidad, el entorno no se limita al espacio físico tradicional, se amplía a ambientes virtuales, digitales y combinados (blended), estos entornos virtuales-digitales ofrecen nuevas formas de interacción,



acceso a contenidos y colaboración (Area, Gros y Marzal, 2008). Este modelo se alinea perfectamente con las posibilidades que ofrece la IAGen en los ambientes académicos, donde la tecnología puede facilitar experiencias personalizadas y contextuales. La integración de la IAGen en el aprendizaje de las ciencias naturales, utilizando un enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), puede aportar a un aprendizaje adaptativo, simulaciones interactivas, colaboración y construcción social del conocimiento, además de retroalimentación personalizada (Moyano *et al.*, 2023).

El enfoque STEM, que promueve la enseñanza de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas de manera articulada con los diversos saberes curriculares, ha ganado una importancia significativa en la educación moderna. Este enfoque no solo fomenta el aprendizaje de conceptos técnicos, sino que también desarrolla habilidades esenciales como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la colaboración. Según la National Science Foundation (2018), un enfoque STEM permite a los estudiantes abordar problemas complejos desde múltiples perspectivas, lo que resulta en una comprensión más profunda y aplicada de los temas.

La implementación de simulaciones interactivas dentro de un enfoque STEM permite a los estudiantes experimentar conceptos científicos en un entorno virtual. Esto puede ser especialmente útil para aquellos que tienen dificultades para visualizar fenómenos abstractos. Un estudio realizado por Gee (2007) sugiere que los juegos y simulaciones pueden mejorar el compromiso y la comprensión de los estudiantes al permitirles explorar y experimentar en un entorno seguro. Por ejemplo, programas de simulación de laboratorios de ciencias permiten a los estudiantes realizar experimentos que, de otro modo, serían peligrosos o inviables en un ambiente escolar tradicional.



La IAGen también puede facilitar la cooperación entre estudiantes a través de plataformas que fomentan el trabajo en equipo de manera mediada y la resolución de problemas de manera colaborativa, habilidades esenciales en el mundo actual. Los entornos de aprendizaje colaborativo, potenciados por la IAGen, pueden proporcionar retroalimentación instantánea y personalizada, ayudando a los estudiantes a entender sus errores y a mejorar sus habilidades de manera continua. Investigaciones han mostrado que el aprendizaje colaborativo aumenta la motivación y el rendimiento académico (Johnson *et al.*, 2014).

Sin embargo, la incorporación de la IAGen en la educación no está exenta de desafíos. Uno de los principales retos es garantizar que los educadores estén adecuadamente capacitados para utilizar estas herramientas de manera efectiva. Según un informe del World Economic Forum (2020), la falta de formación en habilidades digitales entre los docentes puede limitar el potencial de la IAGen en el aula. Es crucial que los programas de formación docente incluyan componentes sobre el uso de esta herramienta y su integración en el currículo, permitiendo así a los educadores aprovechar al máximo estas tecnologías.

Otro aspecto por considerar es la equidad en el acceso a la tecnología. La brecha digital sigue siendo un problema en muchas partes del mundo, y la introducción de la IAGen en la educación podría exacerbar las desigualdades existentes si no se toman medidas adecuadas (OECD, 2019). Por lo tanto, es fundamental que las políticas educativas se concentren en garantizar que todos los estudiantes, independientemente de su contexto socioeconómico, tengan acceso a las herramientas y recursos necesarios para beneficiarse de la IAGen en el aprendizaje.

El impacto de la IAGen en la educación también plantea cuestiones éticas, como por ejemplo la autoría y la honestidad académica, ya que representa un riesgo en el sentido en que los



estudiantes realicen sus actividades académicas sin un proceso real de aprendizaje, no desarrollando habilidades de pensamiento crítico (Cotton et al., 2023). La recopilación y el análisis de datos sobre el rendimiento y el comportamiento de los estudiantes son esenciales para personalizar la enseñanza, pero también suscita preocupaciones sobre la privacidad y la seguridad de los datos (Baker y Inventado, 2014). La transparencia en cómo se utilizan estos datos y el consentimiento informado de los estudiantes y sus familias son aspectos que deben ser prioritarios en cualquier iniciativa que integre la IA en el aula.

A medida que avanzamos hacia un futuro donde la tecnología jugará un papel cada vez más importante, es esencial prepararse para aprovechar sus beneficios mientras se navega por sus complejidades éticas y prácticas. Este proyecto de investigación se centra en el uso adecuado de la IAGen en los ambientes académicos, explorando cómo puede ser utilizada para fomentar un aprendizaje activo y significativo dentro de un marco constructivista y un enfoque STEM. La intersección de la IAGen y el enfoque STEM tiene el potencial de crear un entorno de aprendizaje dinámico que no solo prepare a los estudiantes para los desafíos del futuro, sino que también los empodere para ser ciudadanos críticos y responsables en un mundo cada vez más influenciado por la tecnología. Todo esto mediante el diseño de una estrategia metodológica para la implementación de la IAGen en el aprendizaje de las ciencias naturales.

La integración de la IAGen en la educación representa una oportunidad única para transformar el aprendizaje, pero también conlleva desafíos significativos que deben ser abordados. Al enfocar esta investigación en el uso adecuado de la IAGen dentro de un marco STEM, buscando no solo mejorar la calidad del aprendizaje, sino también garantizar que todos



los estudiantes tengan acceso a una educación equitativa y de calidad en un mundo en constante cambio.

En el presente proyecto, el lector encontrará un abordaje centrado en una problemática actual y real: el desarrollo de la IAGen, y su interacción en los ambientes de aprendizaje. Se evidencia como, en muchos casos, los estudiantes recurren a estas herramientas como una salida fácil para resolver ejercicios cotidianos. Frente a esto, se propone una estrategia pedagógica basada en el enfoque STEM, mediada por herramientas digitales y de IAGen, con el propósito de fomentar el aprendizaje de las ciencias naturales en estudiantes de secundaria de dos instituciones educativas de Bogotá, Colombia. Esta propuesta busca desarrollar habilidades científicas y computacionales.

Justificación

El presente estudio de investigación se enfocó en la implementación de la inteligencia artificial generativa (IAGen) como herramientas para la personalización del aprendizaje en las ciencias naturales, dentro del marco educativo del enfoque STEM. Este estudio se desarrolló en dos instituciones educativas de Bogotá D.C. durante el periodo 2024-2025, las cuales representan contextos socioeconómicos diferentes. La elección de estas instituciones permitió comparar el impacto de la IAGen en el aprendizaje de estudiantes de diversas realidades, lo que fue fundamental para entender cómo esta tecnología podría adaptarse a las necesidades específicas de cada grupo.

Este se sustentó en la necesidad de abordar los retos y oportunidades identificados durante la fase de diagnóstico de la realidad educativa actual. En un entorno donde la inequidad frente al



acceso a recursos y oportunidades es evidente, es crucial desarrollar metodologías que promuevan un aprendizaje significativo y adaptado a las características individuales de los estudiantes. El uso de la IAGen les permitió establecer y alcanzar objetivos de aprendizaje personalizados, fomentando así su autonomía y compromiso en el proceso educativo.

Es importante destacar que la IAGen fue utilizada de manera guiada y con un enfoque formativo tal y como se recomienda (Fengchun y Wayne, 2024). Esto significa que, aunque esta herramienta desempeñó un papel importante, los estudiantes fueron los protagonistas de su propia formación. Este enfoque garantizó que la IAGen no reemplazara la interacción humana ni el aprendizaje colaborativo, sino que sirviera como un apoyo para enriquecer la experiencia educativa.

El producto que se esperaba de esta investigación no solo consistía en un análisis de los resultados académicos, sino también en la creación de una estrategia metodológica que integrará la IAGen de manera efectiva en el ambiente de aprendizaje. Este diseño no solo contribuyó al desarrollo de competencias en ciencias naturales (química), sino que también sirve como un marco para futuras investigaciones en el ámbito de la educación STEM. Los ambientes de aprendizaje han evolucionado significativamente con la incorporación de tecnologías emergentes, entre ellas la IAGen, que transforma las dinámicas tradicionales de enseñanza y aprendizaje. Al generar conocimiento práctico sobre la implementación de la IAGen en diferentes contextos, se espera que esta investigación contribuya a la reducción de las brechas educativas, facilitando el acceso equitativo a herramientas que promuevan el aprendizaje activo.



Este proyecto responde a la necesidad urgente de transformar los ambientes de aprendizaje ante los desafíos actuales de equidad, calidad y pertinencia educativa, especialmente en el área de ciencias naturales. La implementación de la IAGen, bajo un enfoque STEM, permitió diseñar una estrategia metodológica que no solo reconoce las diferencias individuales entre los estudiantes, sino que también potencia su autonomía, pensamiento crítico y habilidades científicas.

Preliminares: Delimitación del marco de trabajo para el abordaje de la realidad

Diagnóstico de la realidad:

Identificación:

Este estudio se desarrolló en la sección de bachillerato de dos colegios de Bogotá con contextos diferentes: el Colegio Argelia IED en la Localidad de Bosa, una institución educativa público/privada con una población de 1250 estudiantes de familias de estratos 1 a 3 de los cuales 660 pertenecen a la sección de bachillerato y el Gimnasio Los Arrayanes Bilingüe en la Localidad de Suba una institución privada con una población 2324 estudiantes de familias de estratos 4 a 6, 827 pertenecientes a bachillerato . Este contraste permitirá evaluar cómo la implementación de la IAGen en la personalización del aprendizaje de las ciencias naturales se adapta a las distintas realidades y recursos de cada colegio. El estudio se realizó durante el primer semestre de 2025, lo que ofrece un periodo adecuado para introducir las herramientas de IAGen, recoger datos y analizar el impacto en el aprendizaje de los estudiantes. La intencionalidad del proyecto se basa en utilizar la IAGen como una herramienta formativa que permita a los estudiantes plantear sus propios objetivos de aprendizaje dentro del enfoque STEM, basado en temáticas básicas. Este uso dirigido de la IAGen no solo facilitará la personalización del

aprendizaje, sino que también fomentará habilidades del siglo XXI como la autonomía de los estudiantes, el trabajo colaborativo, la alfabetización digital, entre otras, brindándoles la oportunidad de asumir un rol activo en su proceso educativo. Al final del estudio, el proyecto propondrá una metodología clara para implementar la IAGen en la enseñanza de ciencias naturales, tanto en contextos de recursos limitados como en aquellos con mayor acceso a tecnología. De esta manera, la propuesta será flexible y adaptable, garantizando su aplicabilidad en diferentes entornos socioeconómicos y servirá como una guía para docentes y colegios interesados en aprovechar las ventajas de la IAGen para mejorar los resultados de aprendizaje en ciencias como se observa en la Figura 1.

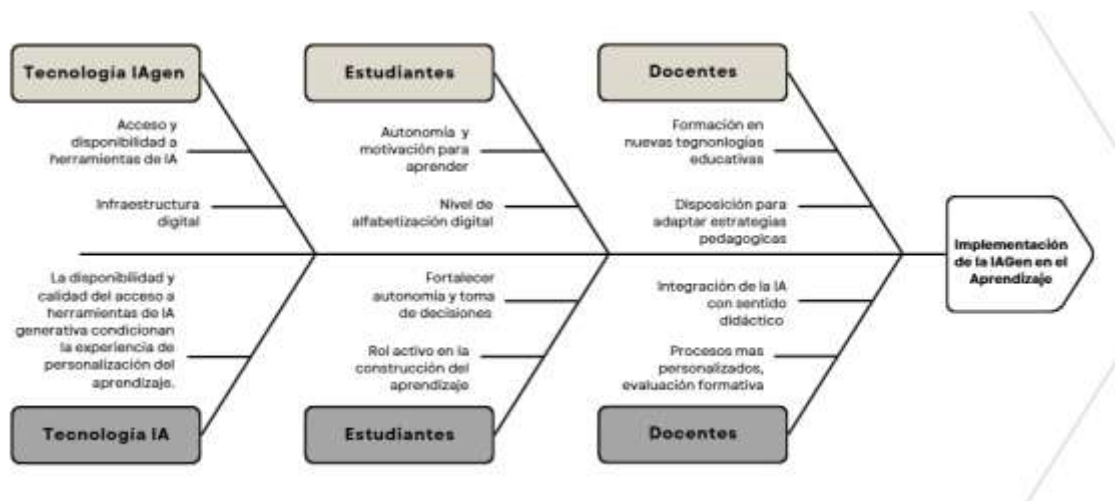


Figura 1. Diagrama de causa y efecto implementación de la IAGen

Descripción de la población y muestra del proyecto de investigación

El estudio se desarrolló en dos instituciones educativas de Bogotá que presentan características socioeconómicas contrastantes, el colegio Argelia IED y colegio Gimnasio Los Arrayanes Bilingüe (GLAB) como se puede apreciar en la siguiente Tabla 1. (Ver Anexo G. Consentimiento Informados).



Tabla 1. Descripción de la población y muestra del proyecto de investigación

	GLAB	Argelia
Tipo	Privado	Público
Localidad	Suba	Bosa
Estratos	4 al 6	1 al 3
Modelo pedagógico	Enseñanza para la comprensión, componente bilingüe	Enseñanza para la comprensión, aprendizaje cooperativo

El primero está localizado en la Localidad de Bosa, este colegio público/privado por concesión atiende a 1250 estudiantes, de los cuales, y 660 son de la sección de secundaria, cuyas familias pertenecen a los estratos socioeconómicos 1 al 3. La mayoría de los estudiantes provienen de entornos de recursos limitados, lo que puede influir en su acceso a tecnologías avanzadas, además que suelen enfrentar diversas barreras, tanto económicas como sociales, que pueden afectar su proceso de aprendizaje. El modelo pedagógico del colegio es la enseñanza para la comprensión, incorporando cuatro pilares que son: tópicos generativos, metas de comprensión, desempeños propios para cada etapa (exploración, aclaración, aplicación), evaluación continua (Alianza Educativa, s. f.). Basándose en la metodología educativa del aprendizaje cooperativo, donde todos deben aportar para que el grupo tenga éxito (Johnson & Johnson, 2009).

Por otro lado, el segundo (GLAB) está situado en la Localidad de Suba, al norte de la ciudad de Bogotá. Este colegio privado atiende a 2324 estudiantes, 827 son de



secundaria, cuyas familias provienen de familias de estratos 4 al 6, lo que implica un acceso más amplio a recursos tecnológicos y educativos. El enfoque pedagógico del colegio es la enseñanza para la comprensión, con un componente importante bilingüe nacional y está orientado hacia la innovación y el desarrollo de habilidades del siglo XXI, con un fuerte énfasis en el uso de tecnologías avanzadas en el aprendizaje. Los estudiantes de esta institución cuentan con mayores oportunidades de exposición a la IA y otros recursos tecnológicos, lo que facilita su integración en el proceso educativo.

Muestra

La muestra del estudio estará compuesta por estudiantes de bachillerato en el GLAB y del colegio Argelia IED, con el fin de hacer una demostración de la hipótesis que la metodología propuesta es flexible entre grados y contextos educativos. Se espera que participen aproximadamente 238 estudiantes en total, distribuidos de la siguiente manera:

- 224 estudiantes del Colegio Argelia IED, de los grados 9°, 10°, 11°
- 104 estudiantes del Gimnasio Los Arrayanes Bilingüe, de los grados 8°.

Esta muestra se seleccionó de manera intencional, considerando estudiantes con distintos niveles de rendimiento académico y familiaridad con el uso de tecnología. Esto permitirá una evaluación más amplia sobre cómo el uso de la IA puede personalizar el aprendizaje de ciencias naturales en estudiantes con diferentes niveles de acceso a recursos y experiencias tecnológicas previas.



Características del Contexto

El Colegio Argelia IED representa un contexto donde los estudiantes enfrentan desafíos relacionados con la falta de acceso constante a tecnologías avanzadas. En este entorno, será crucial medir cómo la IAGen puede nivelar las diferencias educativas y apoyar el desarrollo de habilidades científicas en un contexto con recursos limitados. Además, el contexto familiar y social de los estudiantes de este colegio puede influir en la manera en que interactúan con las nuevas herramientas educativas. Por otro lado, el GLAB ofrece un contexto donde el acceso a tecnología es amplio y forma parte integral del currículo. Aquí, la IAGen podría integrarse de manera más fluida en las prácticas pedagógicas, enfocándose en mejorar el aprendizaje personalizado y optimizar las experiencias de los estudiantes en ciencias naturales.

Para efectos del estudio es importante establecer que los estratos socioeconómicos según el DANE 2022, son una clasificación oficial utilizada para la asignación diferencial de tarifas de servicios públicos, dicho sistema responde a la Ley 142 de 1994, la cual divide a la población en seis estratos (1 al 6), siendo el 1 aquel en donde se encuentran las condiciones más precarias y el 6 los que poseen mayor calidad en infraestructura y condiciones de vida.

Este estudio comparó estos dos entornos para determinar cómo el uso de la IAGen puede adaptarse a cada uno y contribuir al logro de los objetivos pedagógicos en el área de ciencias naturales.



Formulación:

¿Cómo una propuesta metodológica donde se aplica la IAGen promueve el aprendizaje de las Ciencias Naturales bajo el enfoque STEM en los estudiantes de secundaria de los colegios Argelia IED y Gimnasio los Arrayanes Bilingüe durante el 2025?

Oportunidades de innovación / alternativas de solución:

La implementación de la IAGen como herramienta en el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias naturales, en medio de un contraste entre dos instituciones, evidencia una serie de retos estructurales, pedagógicos y tecnológicos, lo cual representa oportunidades de innovación educativa. Dichas oportunidades buscan fortalecer la estrategia, convirtiéndola en una herramienta versátil, asegurando así que su impacto no dependa exclusivamente de los recursos, asignatura, población sino de las decisiones pedagógicas y de la implementación. en la siguiente Tabla 2, se presentan tres alternativas de solución con sus oportunidades de innovación

Tabla 2. Oportunidades de innovación, alternativas de solución.

Oportunidad de innovación	Alternativa de solución
<ul style="list-style-type: none">- Promover la alfabetización digital docente.- Fortalecer el liderazgo pedagógico y la autonomía profesional.- Generar ambientes de aprendizaje personalizados y activos independientemente de la infraestructura.- Consolidar competencias digitales, y uso de la IAGen	<p><i>Orientar la estrategia hacia el fortalecimiento docente</i></p> <p>La formación y apropiación pedagógica de la IAGen por parte de los docentes es vital para su uso adecuado y significativo por parte de los estudiantes. Para el presente proyecto a pesar de la diferencia de infraestructura entre las instituciones, los docentes que comprenden su potencial pueden generar ambientes de aprendizaje más personalizados y activos.</p>



<ul style="list-style-type: none">- Facilitar la comparación de procesos y resultados de aprendizaje.- integrar el enfoque STEM y la imagen en un diseño curricular unificado.- Fomentar la colaboración interinstitucional.- Validar estrategias en contextos diferentes respetando los lineamientos del Ministerio de educación	<p><i>Diseñar un currículum base común entre las dos instituciones</i></p> <p>la falta de una malla curricular compartida limita la comparación de aprendizajes. Una alternativa es elaborar una unidad curricular compartida que integre los enfoques STEM y la IAGen, articulando los ejes temáticos; favoreciendo así el trabajo colaborativo institucional.</p>
<ul style="list-style-type: none">- Integrar la IAGen en actividades prácticas e interdisciplinarias- Favorecer el pensamiento científico y resolución de problemas- Promover la colaboración y el trabajo en equipo.- Motivar la participación estudiantil en contextos STEM.- Desarrollar competencias digitales y de comunicación científica.	<p><i>Olimpiadas de ciencias naturales bajo el enfoque STEM mediadas por la IA</i></p> <p>Se propone diseñar e implementar una estrategia denominada “Olimpiadas de ciencias naturales” para fomentar la motivación, la participación activa y el trabajo interdisciplinario. Los estudiantes abordan problemas científicos relacionados con afectaciones medioambientales, formulan hipótesis, propondrán soluciones y presentarán sus iniciativas con apoyo de recursos digitales o mediados por IAGen.</p>

De las alternativas de solución planteadas, se escoge la tercera “Olimpiadas de Ciencias Naturales”, ya que esta propuesta permite consolidar aprendizajes significativos mediante el uso intencionado de la IAGen, favoreciendo la integración curricular, alfabetización digital, la resolución de problemas y el pensamiento científico.

Propósito y objetivos

Propósito:

La intencionalidad de este proyecto en educación STEM se basa la aplicación de la IAGen como una herramienta para la personalización del aprendizaje en las prácticas de las



ciencias naturales, comparando resultados entre dos instituciones en la ciudad de Bogotá de contextos socioeconómicos diferentes durante el 2024-2025. Por lo tanto, el uso direccionado de la inteligencia artificial permitirá evaluar el desarrollo de objetivos propios planteados por los mismos estudiantes a partir de temáticas comunes. Es importante aclarar que la IAGen se usará de forma guiada y con propósito formativo, más no como herramienta para que el estudiante no sea el agente activo en su proceso.

Objetivo general:

Diseñar una propuesta metodológica para la aplicación de la IAGen en el aprendizaje de las ciencias naturales en estudiantes de secundaria bajo el enfoque STEM en los colegios Argelia IED y Gimnasio los Arrayanes Bilingüe, 2024-2025.

Objetivos específicos:

- Identificar la comprensión del concepto de Inteligencia Artificial en los estudiantes de los colegios participantes y su aplicación en el contexto del aprendizaje de las ciencias bajo el enfoque STEM.
- Representar conceptualmente una estrategia pedagógica para la aplicación de la IAGen en el aprendizaje de las ciencias bajo el enfoque STEM.
- Elaborar un prototipo de la estrategia pedagógica para aplicar la IAGen en el aprendizaje de las ciencias bajo el enfoque STEM.
- Validar mediante usuarios y un experto la estrategia pedagógica.



Matriz de medición de impacto educativo y social:

En la Tabla 3 se puede identificar la medición del impacto educativo y social relacionado con los objetivos específicos, el contexto de impacto, los indicadores de cumplimiento e impacto y los medios de verificación.

Tabla 3. Matriz de medición de impacto educativo y social

Objetivos específicos	Contexto de impacto	Indicadores de cumplimiento e impacto	Medios de verificación
Identificar la comprensión actual de los estudiantes de secundaria sobre el concepto de Inteligencia Artificial Generativa y su aplicación en el contexto del aprendizaje de las ciencias bajo el enfoque STEM.	En el contexto educativo contemporáneo, la Inteligencia Artificial Generativa (IA Generativa) ha emergido como una herramienta fundamental para enriquecer el proceso de aprendizaje, especialmente en áreas vinculadas a	Porcentaje de estudiantes que pueden definir y explicar el concepto de IA Generativa en sus propias palabras. Porcentaje de estudiantes que identifican al menos una aplicación de la IA Generativa en el aprendizaje STEM.	● Encuesta de percepción inicial



	las disciplinas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) (Holmes et al., 2023).		
Representar conceptualmente la propuesta metodológica para la aplicación de la IA Gen en el aprendizaje de las ciencias bajo el enfoque STEM.	Personalización del Aprendizaje Facilitación de la Resolución de Problemas: Creatividad y Experimentación: Desarrollo de Pensamiento Crítico y Reflexión:	<ul style="list-style-type: none">● Diseño inicial● Evidencia de la propuesta metodológica● Evidencia del uso de la IA Gen	Propuesta de diseño a presentar en las instituciones educativas.
Elaborar prototipo de la propuesta metodológica para aplicar la IA en el aprendizaje de las			Diseño final de la propuesta de estrategia metodológica



ciencias bajo el enfoque STEM.			
Validar mediante una prueba piloto con una muestra representativa la propuesta metodológica para aplicar la IAGen en el aprendizaje de las ciencias bajo el enfoque STEM.		Mejora en el rendimiento académico en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas. Aumento en la participación de los estudiantes en tareas y proyectos STEM. Mayor desarrollo de habilidades de resolución de problemas a través de simulaciones y ejercicios generados por la IAGen.	Encuesta de percepción final. Sustentación final de los estudiantes



Marco de referencia

Marco contextual

Este proyecto se validó en dos instituciones educativas de Bogotá: el Colegio Argelia IED, en la localidad de Bosa, y el Gimnasio Los Arrayanes Bilingüe, como se describe en la sección "Descripción de la población y muestra del proyecto de investigación", en la tabla 1.

Ambos colegios participan en este proyecto con el propósito de desarrollar una propuesta metodológica para aplicar la Inteligencia Artificial Generativa (IAGen) en la enseñanza de las ciencias naturales en secundaria, bajo el enfoque STEM. El objetivo es integrar la IAGen de manera inclusiva, adaptando las metodologías y recursos a las características específicas de cada contexto, y promoviendo el desarrollo de habilidades científicas y tecnológicas. La implementación de la IAGen se ajustará a las necesidades y condiciones de cada institución, buscando mejorar la calidad educativa y el acceso equitativo a la tecnología en ambos entornos.

Revisión de estado del arte

El uso de la Inteligencia Artificial Generativa (IAGen) en la educación ha comenzado a ser explorado como una herramienta valiosa para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje, especialmente en el contexto de las disciplinas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) (Chassignol *et al.*, 2023; Sharma *et al.*, 2024). Sin embargo, a pesar de los avances en la incorporación de la tecnología en las aulas, persisten importantes brechas digitales y disparidades socioeconómicas que limitan la equidad en el acceso a recursos educativos avanzados (Selwyn, 2021). Estas brechas se reflejan en diferentes contextos educativos, tanto en entornos urbanos como rurales, y afectan la calidad del aprendizaje, particularmente en sectores con menos recursos (Punie *et al.*, 2022).



El problema central radica en la desigualdad en el acceso a tecnologías educativas avanzadas, como la Inteligencia Artificial Generativa (IAGen) y la falta de formación adecuada para el profesorado en su utilización, lo cual dificulta la implementación efectiva de metodologías innovadoras en el aula. Estas brechas tecnológicas y educativas pueden ser abordadas mediante proyectos que adapten las metodologías a los contextos específicos de cada comunidad educativa, promoviendo así la inclusión digital y el desarrollo de competencias científicas en los estudiantes de secundaria. La personalización de la enseñanza, el uso de herramientas digitales accesibles y la capacitación continua de los docentes son elementos clave para garantizar que todos los estudiantes puedan beneficiarse de las ventajas de la IAGen, independientemente de su contexto socioeconómico (Selwyn, 2021; Sharma et al., 2024). De esta manera, se podría contribuir a la reducción de las desigualdades educativas y potenciar el aprendizaje en las disciplinas STEM (Chassignol *et al.*, 2023).

Dentro de la revisión de antecedentes desde el ámbito internacional se encontró el artículo de Holmes (2023), donde se aborda la perspectiva de personalización que ofrece la IAGen es relevante para la propuesta metodológica, ya que puede adaptarse a las necesidades individuales de los estudiantes, un aspecto clave en entornos educativos con diferentes niveles de recursos, mientras que Cheng, K. H., y Tsai, C. C. (2022) menciona los desafíos mencionados sobre la integración de IA en entornos tradicionales y su aplicación en STEM son fundamentales para diseñar la propuesta metodológica, adaptando las soluciones a los contextos de las instituciones participantes. Finalmente, Spector, J. M. (2021) ofrece ejemplos de plataformas de IA que



podrían aplicarse en el aula, lo que puede inspirar soluciones tecnológicas adecuadas para mejorar el aprendizaje de ciencias naturales en secundaria.

En el ámbito nacional Rivas, P., y Pérez, J. (2022) resaltan la necesidad de superar las brechas digitales en las instituciones, un factor clave a considerar en la adaptación de la IAGen a los diferentes contextos socioeconómicos de las escuelas. Por su parte Ramírez, M., y González, L. (2021) evalúan la implementación del enfoque STEM en Colombia, destacando las políticas públicas y los programas educativos que promueven el uso de tecnologías en el aula, así como las barreras que enfrentan las instituciones educativas.

Marco teórico

Para el presente estudio, se abordaron las categorías Globalización, Inteligencia Artificial, Inteligencia artificial generativa, Pensamiento científico y Enfoque STEM.

Globalización

La globalización educativa ha impulsado la adopción de enfoques pedagógicos que preparen a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo moderno, donde la interconexión de las economías y el avance tecnológico exigen habilidades especializadas. En este contexto, el enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) se ha consolidado como un marco educativo clave, ya que fomenta competencias esenciales para el desarrollo económico y la innovación científica y tecnológica. La educación STEM, al centrarse en la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la creatividad, es fundamental para formar a estudiantes que puedan abordar los retos de un entorno globalizado y tecnológicamente avanzado (Li et al., 2020). Este enfoque ha demostrado ser eficaz no solo para mejorar las habilidades técnicas de los



estudiantes, sino también para desarrollar su capacidad de aplicar el pensamiento científico en situaciones complejas y reales (Chalmers, 2021).

La integración de la inteligencia artificial generativa (IAgen) en la educación STEM ofrece nuevas oportunidades para potenciar el pensamiento científico en los estudiantes. A través de la IAgen, es posible crear entornos de aprendizaje interactivos y personalizados que estimulen la curiosidad y el razonamiento lógico. Las herramientas basadas en IAgen pueden generar simulaciones y modelos dinámicos que ayudan a los estudiantes a visualizar conceptos abstractos, permitiendo una comprensión más profunda de fenómenos científicos y matemáticos (Yang y Zhang, 2022). Además, la IAgen facilita el análisis de grandes volúmenes de datos y permite la creación de escenarios personalizados de aprendizaje, promoviendo la experimentación y el pensamiento crítico (Zawacki-Richter *et al.*, 2020). De este modo, la combinación de STEM y la IAgen no solo potencia el desarrollo de habilidades técnicas, sino que también fortalece la capacidad de los estudiantes para aplicar el método científico en la resolución de problemas globales.

La globalización ha impactado profundamente el ámbito educativo, fomentando la interconexión de naciones, culturas y sistemas educativos. Esto ha transformado las expectativas sobre el aprendizaje, destacando la necesidad de preparar a los estudiantes como ciudadanos globales. Según un informe de la UNESCO (2021) gracias a la globalización, el acceso a recursos educativos ha aumentado considerablemente, ya que plataformas de aprendizaje en línea permiten a los estudiantes de todo el mundo acceder a conocimientos antes limitados a contextos locales (Altbach y de Wit, 2018). Estos procesos de globalización favorecen la colaboración



académica nacional, pero también internacional, siendo así un mecanismo de producción de conocimiento en conjunto, así como se ha potenciado la educación intercultural Knight (2020).

Un aspecto clave para la globalización educativa es la movilidad estudiantil, según el informe de la UNESCO (2022), la movilidad internacional de estudiantes ha crecido un 30% en la última década, reflejando un creciente interés por experiencias educativas diversas y la construcción de redes académicas globales. A nivel mundial reconocidas instituciones educativas han implementado políticas para fortalecer el intercambio de estudiantes, promoviendo así el aprendizaje intercultural (OECD, 2019). Estos intercambios, además, han propiciado un enfoque más inclusivo y plural en los currículos escolares, promoviendo valores de diversidad, equidad y respeto por las diferentes culturas y lenguas (Rizvi y Lingard, 2010).

La globalización también ha impulsado la adopción de habilidades para el siglo XXI, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo en entornos multiculturales. Según el marco de habilidades para el siglo XXI del World Economic Forum (2020), estas competencias son esenciales para preparar a los estudiantes para los desafíos de un mundo interconectado y cambiante. La creciente interdependencia de las economías y sociedades globales ha hecho evidente la necesidad de formar a los estudiantes para que puedan desenvolverse con éxito en un mercado laboral cada vez más globalizado y digitalizado (Schleicher, 2018). En este contexto, la educación se ha visto obligada a adaptarse para preparar a los estudiantes no solo para el mercado laboral local, sino también para competir y colaborar en escenarios globales.



La inteligencia artificial generativa (IAgen) se presenta como una de las tecnologías emergentes más influyentes en el ámbito educativo, especialmente en un contexto globalizado donde la digitalización del mercado laboral es cada vez más evidente (McKinsey y Company 2023); la capacidad de la IAgen para crear contenidos, personalizar el aprendizaje y ofrecer tutorías virtuales en tiempo real tiene el potencial de transformar los métodos de enseñanza y aprendizaje, haciéndolos más adaptativos y accesibles a una audiencia global (Zawacki-Richter *et al.*, 2019). En este sentido, la IAgen puede ser clave para preparar a los estudiantes en habilidades del siglo XXI, como la resolución de problemas complejos y la innovación, que son esenciales en un mercado laboral que demanda creatividad y adaptabilidad en entornos multiculturales y tecnológicos (Luckin, 2018). Al combinarse con los efectos de la globalización, la inteligencia artificial generativa (IAgen) no solo amplía el acceso a contenidos educativos en diferentes idiomas y contextos culturales, sino que también permite que el aprendizaje sea más inclusivo y personalizado a nivel global, superando las barreras geográficas y socioeconómicas tradicionales. Según un estudio de EDUCAUSE Review (2022), la IA puede facilitar la creación de materiales educativos adaptativos que respondan a las necesidades individuales de los estudiantes, promoviendo un aprendizaje más equitativo.

Inteligencia Artificial

Este proyecto de investigación titulado “Diseño de una propuesta metodológica para la aplicación de la IAgen en el aprendizaje de las ciencias naturales en estudiantes de secundaria bajo el enfoque STEM” aborda diversas categorías fundamentales. En primer lugar, la inteligencia artificial (IA), entendida como la capacidad de sistemas computacionales para realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana (Russell y Norvig, 2020), se



integra en el contexto educativo como una herramienta clave para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en las ciencias. El enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) fomenta un aprendizaje interdisciplinario, que prepara a los estudiantes para los desafíos del mundo actual (Bybee, 2013), promoviendo un pensamiento crítico y habilidades tecnológicas. Asimismo, el aprendizaje de las ciencias se beneficia de la implementación de IA, al facilitar la comprensión de fenómenos complejos y el desarrollo de competencias científicas en los estudiantes (Driver *et al.*, 1994). En este contexto de creciente globalización, la educación se enfrenta al reto de adaptar sus métodos a las demandas del siglo XXI, donde la tecnología juega un papel central en la formación de ciudadanos capaces de desenvolverse en un entorno interconectado y cambiante (Zhao, 2009). Por tanto, el uso de IA bajo el enfoque STEM ofrece una oportunidad innovadora para fortalecer la educación, facilitando un aprendizaje más personalizado y eficaz en las ciencias naturales.

Dentro de los tipos de IA, se encuentran tres básicamente: débil, general y superinteligente, la primera ya desarrollada y en práctica, la segunda en proceso de desarrollo y la tercera como una tecnología hipotética (Russel y Norvig, 2020). En la primera, se encuentra la Inteligencia Artificial Generativa (IA Gen), diseñada para crear contenido automáticamente en respuesta a instrucciones específicas dadas por los usuarios a través de interfaces que utilizan lenguaje natural, conocidas como “prompts”. Mientras que en sus inicios estos "prompts" solo involucraban texto, hoy en día también permiten la inclusión de imágenes, fotos e incluso comandos de voz, lo que le confiere la capacidad de procesar múltiples formatos de entrada de manera simultánea. Esta tecnología tiene la habilidad de generar diversos tipos de contenido, abarcando una amplia gama de representaciones propias del pensamiento humano, como textos



escritos, imágenes (desde fotografías hasta ilustraciones digitales), vídeos, música y hasta código de programación (Fengchun y Wayne, 2024).

Sin embargo, a pesar de su capacidad para crear contenido nuevo, la IAGen no es capaz de desarrollar ideas completamente originales ni de resolver problemas complejos del mundo real, ya que carece de una verdadera comprensión de los objetos y las interacciones sociales que sustentan el lenguaje. A pesar de que puede ofrecer respuestas plausibles y detalladas, estas no siempre son fiables, por lo que es necesario que los usuarios tengan un buen conocimiento del tema para detectar posibles errores o imprecisiones en los resultados generados (Fengchun y Wayne, 2024).

La IAGen es una tecnología que forma parte de un conjunto más amplio de inteligencia artificial basada en aprendizaje automático, utilizando algoritmos que le permiten mejorar continuamente a partir de la información procesada. Un componente esencial de este avance es el uso de redes neuronales artificiales (RNA), que se inspiran en el funcionamiento de las sinapsis del cerebro humano y que permiten diferentes tipos de procesamiento de datos. La IAGen se basa en la recopilación de datos de diversas fuentes, como páginas web y redes sociales, analizando esta información de manera estadística. Este análisis no solo se centra en las palabras, sino también en píxeles y otros elementos, lo que le permite identificar y repetir patrones comunes que ha aprendido a reconocer (Fengchun y Wayne, 2024).

En el ámbito educativo, se ha desarrollado un modelo funcional conocido como EdGPT, que se entrena con datos específicos para optimizar el aprendizaje, al refinar grandes volúmenes



de información en conjuntos de datos más pequeños, pero de alta calidad y relevancia educativa. Este avance tiene el potencial de permitir que docentes y estudiantes generen materiales didácticos adecuados, como planes de clase, cuestionarios y actividades interactivas, que estén alineados con enfoques pedagógicos eficaces, objetivos curriculares y niveles de desafío específicos para diferentes estudiantes, siempre manteniendo una perspectiva crítica sobre los resultados obtenidos. Actualmente, ya existen modelos operativos, como EduChat, desarrollado por la Universidad Normal de China Oriental, y MathGPT, creado por el TAL Education Group, que se especializan en ofrecer servicios de enseñanza y resolución de problemas matemáticos, respectivamente (Fengchun y Wayne, 2024).

No obstante, para lograr progresos significativos, es crucial perfeccionar estos modelos, no solo incorporando conocimientos de las asignaturas y eliminando sesgos, sino también integrando métodos de aprendizaje relevantes, lo que representa una gran oportunidad para enfoques pedagógicos como STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) o el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). Sin embargo, surgen desafíos importantes, como definir hasta qué punto los modelos EdGPT pueden extenderse más allá del conocimiento disciplinar para también abarcar la pedagogía centrada en el estudiante y promover interacciones positivas entre docentes y estudiantes. Además, es fundamental establecer límites éticos sobre la recolección y uso de datos de estudiantes y docentes para alimentar estos sistemas, asegurando que EdGPT respete los derechos humanos de los estudiantes y no menoscabe la autoridad de los profesores. Todo esto requiere una investigación exhaustiva para garantizar una implementación efectiva y ética de la IA en el ámbito educativo (Fengchun y Wayne, 2024).



Al lanzarse Chat GPT, surgió preocupación entre los docentes sobre su potencial para facilitar el plagio, al permitir a los estudiantes producir trabajos de manera automática. Sin embargo, recientemente se ha reconocido que estas herramientas pueden ser útiles en la educación, tanto para inspirar nuevas ideas como para crear materiales pedagógicos, generar planes de clase, resumir información y fomentar la creatividad digital. Según Fengchun y Wayne (2024), se recomienda que las instituciones educativas desarrollen estrategias y marcos éticos para el uso responsable de la IAGen en la enseñanza, aprendizaje e investigación. Para ello, es necesario implementar principios éticos que aseguren el uso responsable de la IAGen, capacitar a docentes y estudiantes sobre sus implicaciones éticas, y enseñarles a manejar los sesgos en los datos y algoritmos (Fengchun y Wayne, 2024).

También se plantea la necesidad de desarrollar habilidades en la creación y evaluación crítica de los prompts generados por la IAGen. Uno de los principales retos es el riesgo de plagio, ya que los estudiantes podrían presentar como propios textos generados por IA. En el corto plazo, la detección de este tipo de plagio dependerá de la intervención humana, pero a largo plazo será necesario repensar el diseño de las tareas escritas para centrarse en lo que los humanos pueden hacer mejor que la IA, como aplicar valores humanos y creatividad a problemas complejos (Fengchun y Wayne, 2024).

Para integrar de manera efectiva la IAGen en la educación, es fundamental que los docentes prioricen la intervención humana y la interacción ética entre los estudiantes y la IA. Este proceso debe garantizar que la IAGen contribuya a mejorar el aprendizaje.



Dentro de una rama amplia de tipos de pensamiento, en el cual se desea ahondar es en el pensamiento científico, el cual no pertenece exclusivamente a alguna categoría específica, sino que integra un número importante de pensamientos. Por ejemplo, requiere la lógica de Piaget para formular hipótesis coherentes, el pensamiento crítico de Paul y Elder para evaluar la veracidad de la información, el pensamiento analítico de Sternberg para descomponer y estudiar problemas, y el pensamiento sistémico de Senge para entender las interrelaciones y la dinámica de los sistemas complejos. Es, en esencia, un proceso integral que combina estos diferentes tipos de pensamiento para construir y validar el conocimiento de manera rigurosa y sistemática.

Pensamiento científico

Así el pensamiento científico se relaciona con el lógico de Jean Piaget, cuando él en su teoría del desarrollo cognitivo, explica que este se desarrolla plenamente durante la etapa operativa formal. Los individuos en esta etapa pueden pensar de manera abstracta y lógica, habilidades fundamentales en el proceso científico. En la ciencia, la lógica permite estructurar razonamientos y verificar hipótesis de manera coherente y ordenada (Piaget, 1972). Referente a la relación con el pensamiento crítico de Richard Paul y Linda Elder, quienes lo definen como un proceso de evaluación reflexiva que implica la formulación y evaluación de argumentos con base en evidencias. En la ciencia, el pensamiento crítico es esencial para cuestionar resultados, identificar sesgos y evaluar la validez de las metodologías y conclusiones, garantizando así que los hallazgos sean precisos y sólidos (Paul y Elder, 2008). No menos importante, el pensamiento analítico de Robert Sternberg lo describe como la capacidad de descomponer problemas complejos en partes manejables para analizarlas por separado. En ciencia, esto se traduce en la necesidad de fragmentar fenómenos y estudiarlos a nivel de variables, algo fundamental para la



construcción del conocimiento empírico y para diseñar experimentos controlados (Sternberg, 1985). Finalmente, el pensamiento sistémico de Peter Senge señala que este es crucial para entender la interconexión entre las partes de un todo, un concepto vital en la ciencia, sobre todo en disciplinas que estudian sistemas complejos, como la biología o la física. Los científicos deben abordar estos sistemas reconociendo cómo los elementos interactúan entre sí y afectan al comportamiento general (Senge, 1990). Así, se puede concluir que el pensamiento científico integra la lógica formal (Piaget), el análisis crítico (Paul y Elder), el enfoque analítico (Sternberg) y la comprensión sistémica (Senge) para crear una metodología coherente, rigurosa y comprensiva de generación de conocimiento.

Marco conceptual

Dentro del contexto educativo actual, inmerso en una transformación digital acelerada y desafíos globales complejos, se hace cada vez más necesario replantear las metodologías tradicionales, para promover la formación de estudiantes críticos y preparados para el siglo XXI. En este escenario de cambio interactúan de manera estratégica dos elementos clave: El modelo STEM y la IAGen. Por su parte el modelo STEM busca fomentar, en contextos y situaciones reales, el desarrollo de habilidades cognitivas superiores. Mientras que, La IA, en especial IAGen abre nuevas posibilidades para personalizar el aprendizaje, fortaleciendo la autonomía del estudiante. Para la presente investigación se aborda, Enfoque STEM, Inteligencia Artificial, Inteligencia artificial en la educación, Aprendizaje de ciencias naturales, educación.

Enfoque STEM:

El enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) promueve la enseñanza integrada de estas disciplinas para preparar a los estudiantes para los desafíos del



mundo moderno. Este enfoque busca desarrollar habilidades críticas y analíticas, fomentando la creatividad y la innovación en la resolución de problemas (Bybee, 2010). Según Beers (2011), la educación STEM se centra en la aplicación práctica del conocimiento, conectando conceptos teóricos con situaciones del mundo real. Además, el aprendizaje en STEM implica la colaboración interdisciplinaria, donde los estudiantes pueden aplicar principios de diversas áreas para abordar problemas complejos de manera efectiva (Honey y Hilton, 2011).

Inteligencia Artificial (IA):

La inteligencia artificial (IA) se define como la capacidad de las máquinas para realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como el aprendizaje, la resolución de problemas, la comprensión del lenguaje y la percepción visual (Russell y Norvig, 2020; Fengchun y Wayne, 2024).

Existen diversos enfoques dentro de la IA, incluyendo el aprendizaje automático, donde los algoritmos permiten a las máquinas aprender de los datos, y el procesamiento del lenguaje natural, que permite a las computadoras comprender e interactuar en lenguaje humano (Goodfellow et al., 2016). Dentro de la IA, hay una rama que es la Inteligencia Artificial Generativa (IAGen) diseñada para crear contenido automáticamente en respuesta a instrucciones específicas dadas por los usuarios a través de interfaces que utilizan lenguaje natural, conocidas como "prompts" (Fengchun y Wayne, 2024).

Inteligencia Artificial en la Educación:

Específicamente en educación se refiere al uso de tecnologías inteligentes para mejorar la enseñanza y el aprendizaje. Según Luckin *et al.* (2016), la IA puede personalizar la experiencia educativa al adaptarse a las necesidades individuales de los estudiantes, proporcionando



retroalimentación en tiempo real y facilitando el aprendizaje autónomo. Herramientas como sistemas de tutoría inteligente y plataformas de aprendizaje adaptativo utilizan algoritmos de IAGen para analizar el progreso del estudiante y ofrecer recursos personalizados, fomentando así un ambiente de aprendizaje más efectivo y atractivo (Woolf, 2010). Además, la IAGen puede ayudar a los docentes a identificar áreas donde los estudiantes enfrentan dificultades, permitiendo intervenciones más rápidas y efectivas (Holmes *et al.*, 2019; Fengchun y Wayne, 2024).

Aprendizaje de las Ciencias Naturales:

Se refiere al proceso mediante el cual los estudiantes adquieren conocimientos y habilidades relacionadas con el estudio de la naturaleza, los fenómenos físicos y biológicos, así como la comprensión de conceptos científicos fundamentales. Según National Research Council (2012), este aprendizaje debe ser activo, involucrando a los estudiantes en la indagación, la experimentación y el pensamiento crítico. En este contexto, el enfoque constructivista sugiere que los estudiantes construyen su comprensión a través de experiencias prácticas y reflexivas, lo que les permite relacionar conceptos científicos con su vida cotidiana (Piaget, 1976). La enseñanza de las ciencias naturales se enriquece al integrar tecnologías innovadoras, como la IA, que pueden facilitar experiencias de aprendizaje personalizadas y basadas en proyectos (Hattie, 2009). Al utilizar la IAGen, los educadores pueden desarrollar simulaciones y entornos de aprendizaje interactivos que fomentan la exploración y el descubrimiento, lo que es fundamental para el aprendizaje significativo en ciencias (Trumbull *et al.*, 2005).

Educación:

La educación es un proceso integral que busca facilitar el aprendizaje y la adquisición de conocimientos, habilidades y valores. En el contexto de la educación formal, se lleva a cabo en



instituciones académicas y se organiza en diferentes niveles y disciplinas. Según Dewey (1938), la educación debe ser un proceso activo y participativo, donde los estudiantes se conviertan en agentes de su propio aprendizaje. Esto implica que la educación debe centrarse en el estudiante, promoviendo la curiosidad y el pensamiento crítico. El uso de la IA en la educación se alinea con este enfoque centrado en el estudiante, proporcionando herramientas que permiten a los educadores adaptar la enseñanza a las necesidades individuales de cada alumno. La incorporación de la IAGen en el aula también permite un seguimiento más eficaz del progreso de los estudiantes, facilitando la identificación de áreas de mejora y el ajuste de estrategias pedagógicas (Zawacki-Richter *et al.*, 2019).

Marco legal y normativo

Si aplica, se realiza una síntesis del estado legal y normativo en la materia y se presenta de manera monográfica utilizando la siguiente Tabla 4.

Tabla 4. Marco legal y normativo

Ley o norma	Año	Descripción general	Artículo(s) que aplican	Aplicabilidad para el proyecto
Ley 1098	2006	Los niños, niñas y adolescentes tienen derecho a un entorno seguro, donde se regule los contenidos digitales y tiempo frente a pantallas	Artículo 17	Uso adecuado de dispositivos tecnológicos.
Ley 1581	2012	Garantizar que el tratamiento de los datos personales se realice respetando los derechos fundamentales,	Artículos 6, 8, 9, 10, 17 y 21	Relevante para asegurar el cumplimiento legal



		especialmente el derecho a la intimidad, el buen nombre y la autonomía.		en el tratamiento de datos personales de los estudiantes o participantes.
Ley 1341	2009	La Ley TIC de Colombia, define el marco general para la promoción del acceso, uso y apropiación de las TIC.	Artículo 16	Promueve el desarrollo de competencias digitales en los ciudadanos, incluyendo a los docentes.
Ley 1620	2013	Promueve el uso responsable de las TIC y el fortalecimiento de la ciudadanía digital en las escuelas.		Obliga a los docentes en competencias relacionadas con la prevención del ciberacoso, la protección de datos y la ética digital.
CONP ES 3988	2020	Explotación de datos		Desarrollo de habilidades en ciencia de datos, pensamiento



				computacional y competencias digitales.
Plan nacional de desarrollo	2022-2026	Incluye metas para el fortalecimiento de la formación docente en entornos digitales		Promueve el uso de tecnologías
Proyecto de Ley 43	2025	“Por medio de la cual se regula la Inteligencia Artificial en Colombia para garantizar su desarrollo ético, responsable, competitivo e innovador, y se dictan otras disposiciones” de conformidad con los Artículos 139 y 140 de la Ley 5 de 1992. (ANEXO F)		

Marco metodológico

Categorización de la realidad educativa a abordar:

En la siguiente **Tabla 5** se presenta la categorización de la realidad educativa que se presenta en las instituciones GLAB y Argelia IED.



Tabla 5. Categorización de la realidad educativa

Dimensión	Categoría	Justificación
Pedagógica	Estrategías didácticas tradicionales en ciencias	En ambas instituciones educativas se percibe una necesidad de transformación metodológica donde se potencie el interés por las Ciencias Naturales de la mano de las habilidades del siglo XXI.
Tecnológica	Uso de la IAGen, sin proceso de análisis crítico	Los estudiantes tienen acceso a tecnologías digitales como la IAGen, pero en la actualidad y en las realidades de las instituciones, su uso aún no se ha traducido en aprovechamiento profundo para la enseñanza y el aprendizaje.
Cognitiva formativa	Comprensión del concepto y potencial de la IA en el aprendizaje	Se requiere un proceso formativo que promueva una comprensión significativa IAGen y su uso para el proceso de enseñanza-aprendizaje, especialmente en el campo de las ciencias.
Curricular e innovación educativa	Ausencia de propuestas didácticas integradas IA-STEM	Existe una oportunidad para el diseño de estrategias innovadoras donde convergen los saberes disciplinares haciendo uso de tecnologías como la IAGen.

Enfoque de investigación: Cualitativo

Este enfoque se desarrolla bajo un enfoque cualitativo, cuyo propósito es comprender en profundidad las experiencias, percepciones y dinámicas, durante la prueba piloto de una estrategia pedagógica que integra la IAGen en el aula de ciencias naturales bajo el enfoque STEM. Este enfoque se respalda en Denzin y Lincon (2011) quienes afirman que la investigación cualitativa busca comprender fenómenos en su complejidad natural.



Tipo de investigación:

El tipo de investigación del proyecto es de intervención, donde según McKernan (2001) las intervenciones educativas pueden generar mejoras significativas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, por otro lado, promueven intervenciones prácticas y reflexivas transformadas en el ámbito educativo (Kemmis y McTaggart, 2005), para el presente proyecto, se propone una intervención pedagógica estructurada mediante el diseño de una propuesta metodológica innovadora, por lo tanto la intervención no busca generalización estadística, sino comprensión profunda y contextualizada de su impacto formativo.

Tipo de estudio:

El tipo de estudio seleccionado fue Innovación educativa, el cual se entiende como un cambio planificado y contextualizado que propende por el mejoramiento del proceso enseñanza-aprendizaje, según Carbonell (2001) implica una mejora consciente, planificada, participativa y evaluable de la práctica educativa, mientras que la UNESCO (2023) promueve la inclusión de tecnologías emergentes como la IAGen en la educación pedo desde una perspectiva ética, promoviendo el pensamiento crítico y desarrollando autonomía.

Técnicas de recolección de información:

El proyecto se estructura en cuatro fases: diagnóstico, concepción, diseño y validación. Cada una corresponde a un objetivo específico y emplea las técnicas de recolección de información utilizadas en el proyecto, se presentan en la siguiente Tabla 6.



Tabla 6. Matriz de fases, objetivos y técnicas de recolección de información.

Fase	Objetivo	Técnica de recolección	Instrumento	Alcance
Diagnóstico	Identificar la comprensión del concepto de Inteligencia Artificial en los estudiantes de los colegios participantes y su aplicación en el contexto del aprendizaje de las ciencias bajo el enfoque STEM.	Entrevista semiestructurada	Formato de encuesta (ANEXO A: ENCUESTA DIAGNÓSTICO)	Reconocer la percepción, creencias y valoraciones que tienen los estudiantes sobre el uso de la IAGen
Concepción	Representar conceptualmente una estrategia pedagógica para la aplicación de la IAGen en el aprendizaje de las ciencias bajo el enfoque STEM.	Análisis documental	Matriz de revisión documental Estructura de formato de estrategia	Percepciones, significa Examinar el contexto normativo y curricular para garantizar la pertinencia y viabilidad de la estrategia.
Diseño	Elaborar un prototipo de la estrategia pedagógica para aplicar la IAGen en el aprendizaje de las ciencias bajo el enfoque STEM.	Análisis documental, registro reflexivo	Formato de la estrategia	Alineación del diseño con los objetivos planteados y las dinámicas curriculares internas.
	Validar mediante usuarios y un experto la estrategia pedagógica.	Triangulación	Rúbrica de evaluación expertos (ANEXO C. FORMATO)	Identificar fortalezas y áreas de mejora.



			DE VALIDACIÓN POR EXPERTO.) Rubrica de validación de usuarios (ANEXO B. PROTOTIPO ESTRATEGIA)	
--	--	--	---	--

La matriz permite evidenciar la coherencia entre las fases del proyecto, los objetivos específicos, las técnicas de recolección de información y el alcance esperado en cada etapa. dicha organización garantiza un proceso investigativo estructurado, pertinente y alineado con la propuesta para la implementación de la estrategia pedagógica.

Técnicas de análisis de información:

Se selecciona la triangulación metodológica, es una estrategia de validación utilizada en investigación cualitativa, sirve para aumentar la validez, la confiabilidad y la riqueza interpretativa de los hallazgos (Denzin, 1978). En el contexto del presente proyecto, que se enmarca en la innovación educativa, la triangulación permite contrastar percepciones, experiencias y evidencias provenientes de las dos instituciones.

Aplicación y análisis de resultados preliminares:

Encuesta asociada al objetivo 1, aplicada a 328 estudiantes, 104 del GLAB y 214 del colegio Argelia, estructurada en 10 preguntas de selección múltiple con una o varias respuestas, describiendo en la fase de diagnóstico (**ANEXO D. FICHA TÉCNICA ENCUESTA**). El análisis de la información se realizó aplicando estadística descriptiva, triangulando la información



obtenida en cada una de las instituciones de forma individual. A partir de la cual se evidencia una brecha entre el uso cotidiano de herramientas basadas en IA y el conocimiento conceptual que los estudiantes tienen sobre ellas, que para efectos del presente proyecto de investigación muestra la relevancia actual de diseñar propuestas metodológicas que no solo integren estas tecnologías, sino que además, de la mano de la integración fortalezcan la alfabetización crítica, científica y tecnológica.

Procedimiento:

El siguiente diagrama de flujo representa las fases metodológicas del proceso de diseño e implementación de una estrategia pedagógica orientada a fortalecer el aprendizaje de las ciencias naturales (Figura 2). A través de una secuencia estructurada en seis etapas, se articulan acciones como la recolección de información, formulación, aplicación y validación.



Figura 2. Fases metodológicas del proceso de diseño e implementación de una estrategia pedagógica

Producto o resultado esperado:

La presente estrategia educativa se articula en torno a la implementación de unas olimpiadas de Ciencias Naturales mediadas por IAGen. Como se observa en la Tabla 7 su propósito es fomentar experiencias de aprendizaje activo, interdisciplinario y contextualizado.

Tabla 7. Producto y resultado esperado

	Esperado	Factores clave
Producto	Desarrollo de una propuesta metodológica aplicada en el marco de unas olimpiadas de ciencias naturales.	Áreas involucradas: Ciencias naturales, tecnología, matemáticas, ingeniería y comunicación
		Planeada para que los estudiantes formulen, experimenten, analicen y comuniquen soluciones innovadoras a problemáticas reales ambientales.
Resultado	Promover el aprendizaje significativo y el desarrollo de habilidades científicas, tecnológicas, y comunicativas en estudiantes de secundaria a través del enfoque STEM.	<ul style="list-style-type: none"> ● Uso de la IA de forma crítica. ● Aplicación del ABP ● Fortalecimiento de habilidades científicas ● Apropiación de la tecnología como herramienta para la transformación social.

De esta manera, se espera no solo consolidar una propuesta metodológica sólida mediante la construcción de la estrategia, sino también, generar transformaciones como el desarrollo de habilidades científicas.

Descripción de la población y muestras:

Descripción de la población y muestras: se aplicará una prueba piloto en el colegio público Argelia IED y el colegio privado Gimnasio Los Arrayanes Bilingüe, ambos de la



ciudad de Bogotá. Donde el contexto del primero se caracteriza porque forma parte de la Alianza Educativa, una organización que busca brindar una educación de alta calidad en instituciones públicas, enfocándose en el desarrollo socioemocional, la excelencia académica y la construcción de proyectos de vida exitosos para los estudiantes, dentro de la institución hay acceso a internet en todas las áreas, administrativos, biblioteca, aulas de clase, cuenta con dos aulas especializadas en sistemas con 30 dispositivos de cómputo en cada una, y con acceso a tablets para el trabajo con estudiantes; mientras que en el segundo forma parte de un grupo educativo (Grupo Nuevo Inglaterra) que lo componen diversos colegios privados, en el caso de esta institución tiene un enfoque hacia el bilingüismo, la innovación y la felicidad de la comunidad en el entorno. La institución cuenta con una sala de cómputo con 30 equipos, además una sala de Ipad también para 30 estudiantes, acceso a internet con estos dispositivos.

El diseño se llevará con la población que se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Estudiantes involucrados en el proyecto

	GLAB	Argelia	Total
Número de estudiantes	104	224	328

Matriz de interesados y beneficiarios:

La siguiente Tabla 9 expone los intereses y las posibles dificultades de los interesados frente al diseño de la propuesta metodológica para la aplicación de la IAGen.



Tabla 9. Intereses y posibles dificultades de los interesados en la propuesta metodológica para la aplicación de la IAGen

Grupo de interesados / beneficiarios	Intereses	Expectativas	Problemas previstos	Predisposición	Estrategia
Beneficiario Estudiantes	Poder usar la IAGen para el desarrollo de sus trabajos	Que las herramientas de IAGen les faciliten el lograr las tareas de la escuela.	El acceso a dispositivos electrónicos y con acceso a internet.	Neutral	Expectativa de cómo se logrará la mediación de la IAGen en sus actividades académicas.

Recursos previstos

A continuación, en la Tabla 10 se describen los recursos necesarios para la implementación de la propuesta metodológica. Estos se organizan en categorías que permiten identificar los factores materiales y humanos.

Tabla 10. Recursos necesarios para la implementación de la propuesta metodológica.

Económico	Tecnológico	Materiales	Talento humano
Ninguno	Equipos de cómputo, tablets y/o celulares Conexión a internet por Wifi o datos	Ninguno	Docentes orientadores del proceso (Ciencias o tecnología)



Resultados y análisis de resultados

Los resultados y análisis de resultados se presentan de manera secuencial al desarrollo del proyecto investigativo, en estricto orden a los objetivos específicos de investigación. Para su análisis se presentan en tres perspectivas: descriptivo (descripción de los datos), inferencial (deducir o inducir el significado del dato) y comparativo (contrastar la información en relación con literatura revisada).

El diseño de la encuesta permitió indagar las categorías con base en criterios establecidos que se desarrollan en siguiente Tabla 11.

Tabla 11. Categorías, preguntas y criterios de la encuesta diagnóstica

Categoría	Pregunta	Criterio
IA	1.¿Ha utilizado alguna herramienta de IA para estudiar o hacer tareas?	Usabilidad
	2. Si su respuesta anterior fue "Sí", ¿qué tipo de herramientas de IA ha utilizado? (Puede elegir más de una)	Utilizada
	3. ¿Qué beneficios percibe en el uso de la IA para el estudio? (Marque las que apliquen)	Incidencia
STEM	4.¿Has escuchado hablar del término STEM?	Reconocimiento
	5.¿Cuál de las áreas de STEM le resulta más interesante? (Puede elegir más de una)	Gusto
	6.¿Le gustaría que hubiera más actividades prácticas y laboratorios relacionados con STEM en el colegio?	Interés
Pensamiento científico	7. ¿Con qué frecuencia utiliza el pensamiento científico (observar, hacer preguntas, experimentar) en tu vida diaria o en la escuela?	



	8. ¿Siente que la escuela le enseña a pensar de manera científica y crítica?	
	9. ¿Qué asignaturas cree que fomentan más el pensamiento científico en la escuela? (Elige las que apliquen)	
	10. ¿Cree que el pensamiento científico le ayuda a entender y resolver problemas de la vida real?	

Diagnóstico

El diagnóstico inicial, nos generó resultados acerca de la percepción de los estudiantes frente a la Inteligencia Artificial, estos datos se analizaron con estadística descriptiva, la siguiente Tabla 12 muestra el número de estudiantes encuestados discriminando grados y colegio.

Tabla 12. Número de estudiantes encuestados

COLEGIO	GRADO			
	8°	9°	10°	11°
ARGELIA		100	46	78
GLAB	104			

Esta **Tabla 12** indica un total de 328 estudiantes entre los grados octavo a undécimo de los colegios Argelia IED y Gimnasio Los Arrayanes Bilingüe, esta distribución sugiere posibles diferencias en la madurez tecnológica o en el uso de herramientas de IAGen, lo cual a futuro para la presente investigación puede influir en los resultados. De la misma manera, la siguiente **Figura 3** muestra la distribución de estos estudiantes de manera gráfica:

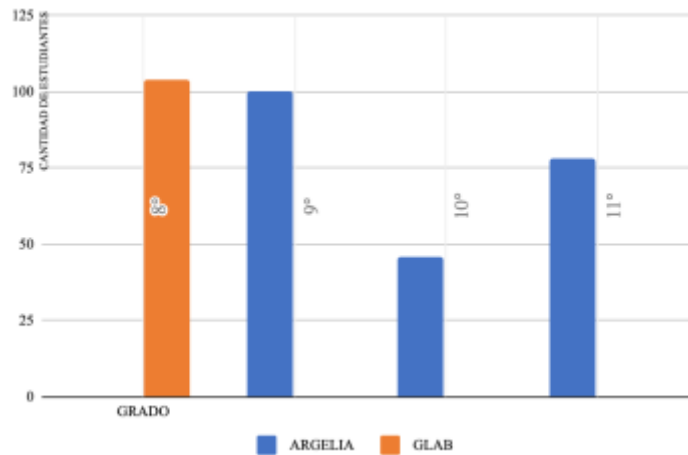


Figura 3. Distribución de los estudiantes encuestados por grado y colegio.

En esta figura se aprecia que del total, el 32% corresponden al Gimnasio Los Arrayanes Bilingüe, mientras que el 68% son estudiantes del colegio Argelia IED.

La siguiente **Figura 4**, muestra los resultados referente a si los estudiantes encuestados que han utilizado o no la IA para estudiar o hacer tareas. Ante la pregunta: “¿Has utilizado o no la IA para estudiar y hacer tareas?”, los resultados obtenidos tanto en el Colegio Argelia IED como en el Gimnasio Los Arrayanes Bilingüe muestran una tendencia común: el 94,35 % de los estudiantes reporta haber utilizado herramientas de Inteligencia Artificial (IA) para fines académicos, mientras que solo el 5,65 % indica no haberlo hecho. Esta alta tasa de uso, sin diferencias significativas entre los contextos público y privado, evidencia una penetración tecnológica notable en el ámbito escolar, incluso en niveles educativos medios.

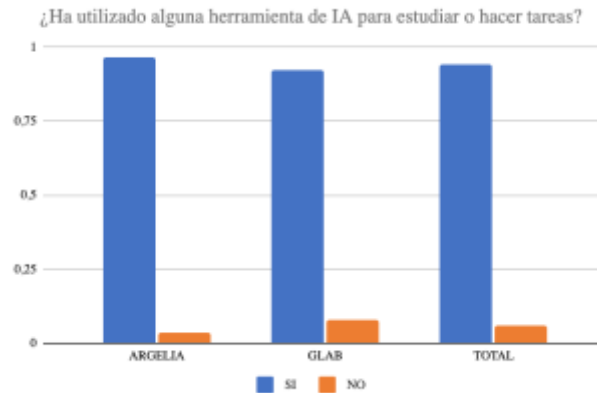


Figura 4. Número de estudiantes (%) que han utilizado la IA para estudiar o hacer tareas en el colegio Argelia IED y Gimnasio Los Arrayanes Bilingüe.

Este hallazgo refleja un cambio en los hábitos de estudio de los estudiantes, quienes incorporan cada vez más tecnologías basadas en IA como parte de sus procesos de aprendizaje. Según Luckin *et al.* (2016), la IA en educación no solo permite personalizar el aprendizaje, sino que también transforma la relación entre estudiantes y conocimiento, al brindar acceso inmediato a información, retroalimentación y recursos adaptativos. Así mismo, estudios como el de Holmes *et al.* (2019) destacan que el acceso creciente a estas herramientas, incluso en contextos con limitaciones socioeconómicas, contribuye a la reducción de la brecha digital, favoreciendo la equidad educativa.

No obstante, esta tendencia impone un reto urgente para la comunidad educativa. Es fundamental que docentes y directivos integren estrategias pedagógicas que acompañen el uso de la IA de manera ética, crítica y reflexiva, orientando su implementación para que contribuya al desarrollo del pensamiento científico y al fortalecimiento de habilidades del siglo XXI como lo afirma Zawacki-Richter *et al.*, 2019. Ignorar este fenómeno podría implicar una desconexión entre las prácticas escolares tradicionales y las realidades tecnológicas que viven los estudiantes fuera del aula.

La siguiente pregunta: “¿Qué tipo de herramientas de Inteligencia Artificial ha utilizado?”, los resultados muestran que los estudiantes de ambos colegios utilizan una amplia variedad de herramientas de IA (**Figura 5**), siendo los chatbots como ChatGPT, Gemini o Copilot la opción más mencionada en ambos contextos, seguidos por los generadores de imágenes y los traductores automáticos. También se destacan en menor proporción las herramientas de corrección de texto, aplicaciones de tutoría y aprendizaje y otras herramientas diversas. La categoría “No he utilizado ninguna herramienta de IA” representa un porcentaje mínimo, lo que refuerza la alta penetración de estas tecnologías entre los estudiantes, sin importar su contexto socioeconómico o tipo de institución.

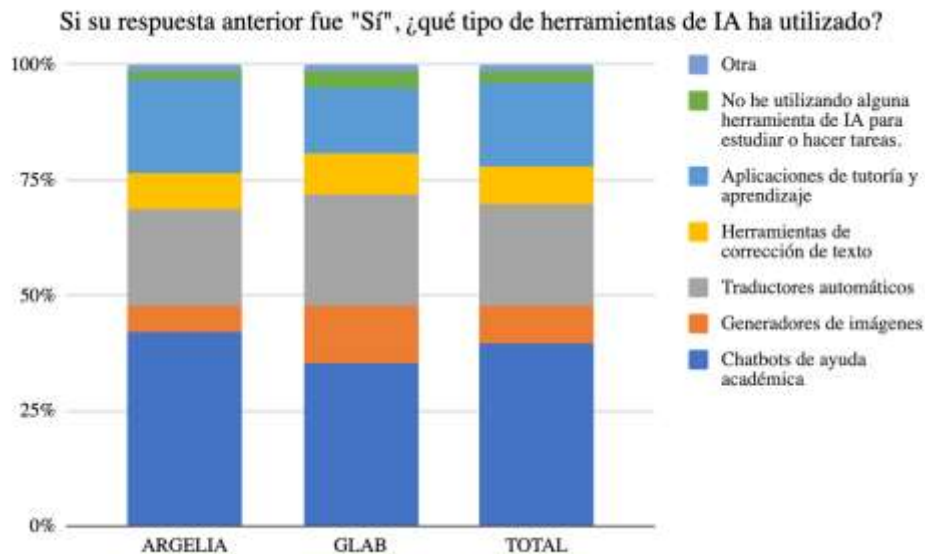


Figura 5. Herramientas más usadas por los estudiantes de bachillerato de los colegios Argelia IED y Gimnasio Los Arrayanes Bilingüe.

El uso de Chatbots como elemento principal, refleja un patrón de adopción tecnológica en el entorno educativo que según Zawacki-Richter *et al.* (2019), responde al acceso generalizado a herramientas digitales y a la creciente necesidad de respuestas inmediatas y personalizadas en los

procesos de aprendizaje. Los estudiantes recurren a los chatbots por su facilidad de acceso, lenguaje natural, y capacidad de ofrecer explicaciones rápidas, lo cual ha modificado significativamente sus estrategias de estudio (Holmes et al., 2019).

Además, el uso frecuente de traductores automáticos y herramientas de corrección textual sugiere una fuerte dependencia de estas tecnologías para mejorar la calidad lingüística de sus trabajos, lo que plantea retos para el desarrollo de habilidades propias de escritura y pensamiento crítico. Como señalan Luckin *et al.* (2016), la IAGen debe usarse como mediadora y no como sustituta del razonamiento del estudiante.

Este panorama evidencia la urgencia de que los docentes no solo conozcan estas herramientas, sino que enseñan a usarlas de manera crítica, ética y pedagógica. Fomentar una cultura digital responsable permitirá que los estudiantes no solo consuman información, sino que desarrollen capacidades para interpretar, cuestionar y crear conocimiento a partir de los aportes de la IA (Van Brakel y De Hert, 2011).

En la siguiente pregunta: “¿Qué beneficios percibe en el uso de la IA para el estudio?”, se destaca que los estudiantes identifican de forma mayoritaria como principal beneficio de la Inteligencia Artificial las explicaciones rápidas y fáciles de entender, seguido por el mayor acceso a recursos y materiales y la reducción de tiempo en tareas. En menor proporción, mencionan la personalización del aprendizaje y, en cifras mínimas, aseguran no ver beneficios o mencionan beneficios diferentes a los propuestos (**Figura 6**).

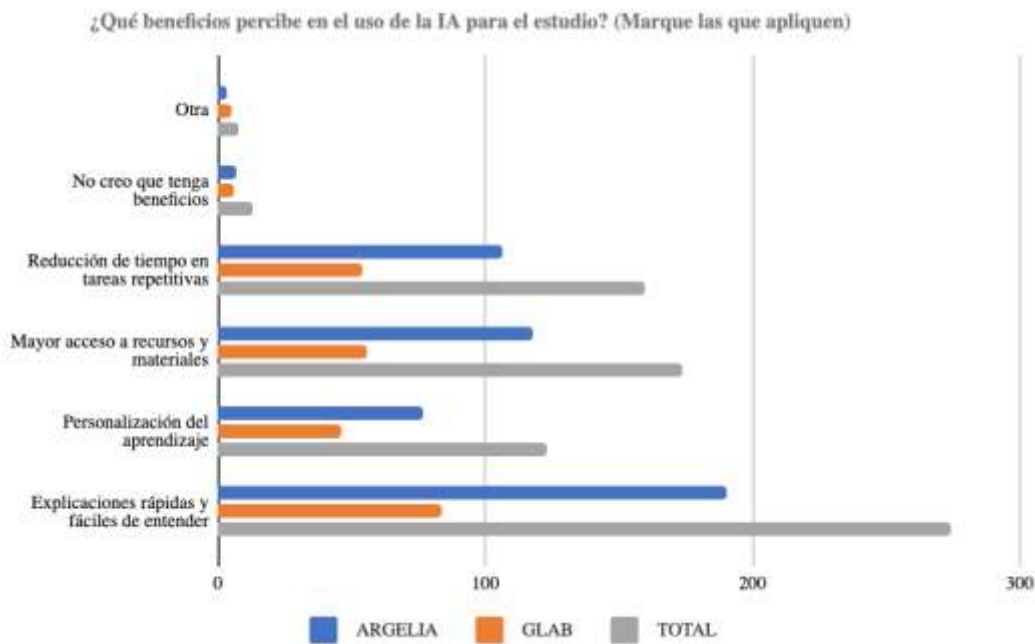


Figura 6. Percepción de beneficios del uso de IA entre los estudiantes de bachillerato de los colegios Argelia IED y Gimnasio Los Arrayanes Bilingüe.

Este resultado refleja cómo los estudiantes perciben la IA principalmente como una herramienta que agiliza el aprendizaje y facilita la comprensión inmediata, especialmente en ambientes mediados por chatbots y motores de búsqueda generativos. Esto coincide con los hallazgos de Holmes *et al.* (2019), quienes destacan que la IA permite una respuesta adaptativa y veloz, lo que favorece la eficiencia cognitiva en tareas básicas del aprendizaje.

Por otra parte, el menor reconocimiento de la personalización del aprendizaje como beneficio evidencia una posible subutilización de las capacidades más avanzadas de estas herramientas, lo cual puede estar vinculado a una falta de alfabetización digital más profunda o a un uso instrumental y superficial de la IAGen. Según Luckin *et al.* (2016), la personalización educativa mediante IAGen tiene un alto potencial para atender diferentes ritmos y estilos de aprendizaje, pero requiere de una mediación pedagógica activa.

Es relevante también que tanto estudiantes de colegios públicos como privados valoren beneficios similares, lo que indica que la percepción positiva de la IA para el aprendizaje no depende del tipo de institución. Esto sugiere una democratización en el acceso y uso de estas herramientas, como también lo expone Zawacki-Richter *et al.* (2019), quienes afirman que las tecnologías de IAGen pueden cerrar brechas educativas cuando se implementan con enfoque pedagógico y ético.

En la siguiente **Figura 7**, se presenta la distribución de las respuestas a la pregunta: “¿Has escuchado hablar del término STEM?”, se observa que en ambos contextos educativos, una mayoría significativa de estudiantes (más del 60%) manifiesta no haber escuchado nunca el término STEM, siendo esta proporción más alta en la institución pública. Solo un porcentaje menor afirma estar familiarizado con el término, con una ligera mayor proporción en GLAB respecto a Argelia.

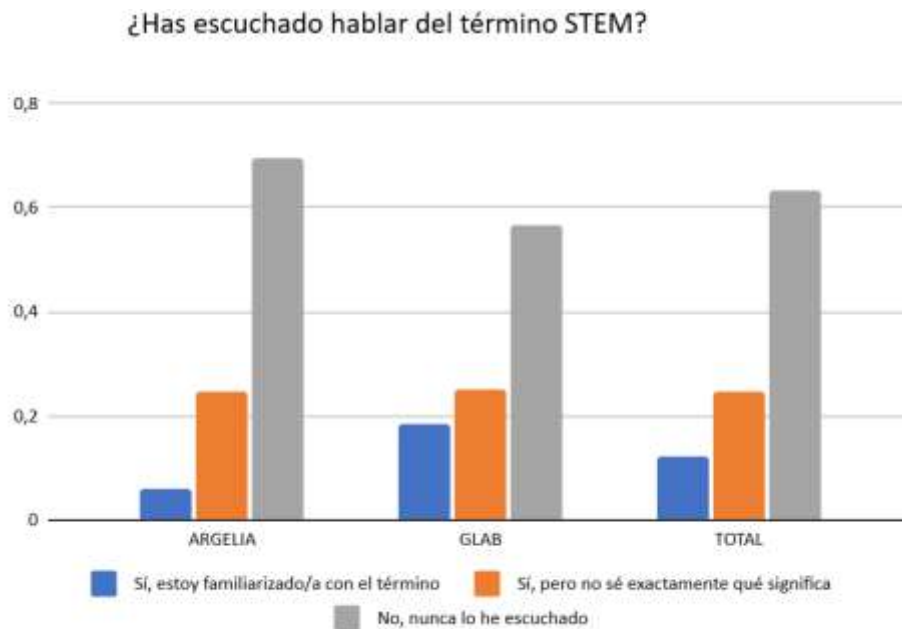


Figura 7. Familiaridad de los estudiantes con el término STEM



Este panorama evidencia un bajo nivel de alfabetización sobre el enfoque STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), el cual es ampliamente reconocido como fundamental para el desarrollo de competencias del siglo XXI y la preparación para los retos laborales del futuro (Bybee, 2013). La escasa familiaridad con el término indica que aún existen brechas importantes en la integración curricular y comunicativa del enfoque STEM, incluso en instituciones privadas donde se presume una mayor exposición a tendencias educativas globales.

Esta falta de conocimiento sobre STEM también puede relacionarse con dificultades estructurales en la formación docente, en la apropiación de enfoques interdisciplinarios y en la implementación de políticas públicas educativas efectivas. Según Sanders (2009), una de las barreras más comunes para el desarrollo del enfoque STEM en escuelas es precisamente la falta de comprensión clara por parte de los actores escolares, incluidos estudiantes, maestros y familias. A esto se suma que el contexto latinoamericano presenta desafíos adicionales en infraestructura, recursos y formación (González, 2021).

En consecuencia, se hace urgente diseñar estrategias institucionales y pedagógicas que visibilicen el enfoque STEM en el aula y que permitan a los estudiantes reconocer su relevancia en la resolución de problemas del mundo real. La familiarización temprana con estos términos es un paso clave para fomentar vocaciones científicas y tecnológicas desde edades escolares.

La siguiente **Figura 8**, muestra los resultados a la pregunta: “Si ha escuchado hablar de STEM, ¿cuál de las áreas de STEM le resulta más interesante?”, que dentro de las áreas STEM, la tecnología es la más atractiva para los estudiantes en general, con un interés particularmente

alto entre los estudiantes del colegio Argelia. Le siguen en orden de preferencia la ciencia, la ingeniería y finalmente las matemáticas, esta última con menor representación en ambas instituciones. No obstante, una gran proporción de estudiantes respondió que no ha escuchado hablar del término STEM, lo que refuerza los hallazgos de la figura anterior sobre la escasa familiaridad con este enfoque.

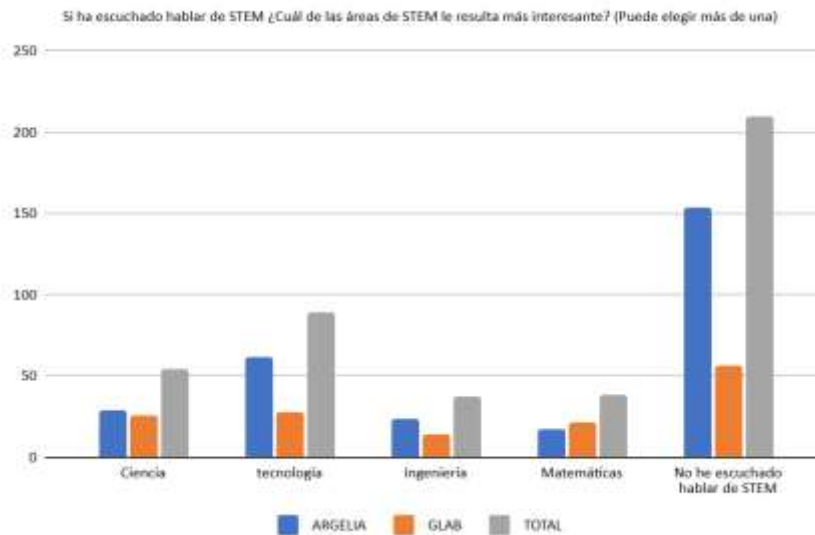


Figura 8. Intereses comunes entre quienes han escuchado el término STEM

Este patrón de preferencia puede estar influenciado por la cercanía de los jóvenes con los dispositivos tecnológicos y su uso cotidiano, lo que facilita la asociación positiva con esta área del conocimiento. Según González-González *et al.* (2020), la exposición temprana y constante a entornos digitales genera una motivación hacia la tecnología, especialmente cuando se relaciona con soluciones prácticas o creativas. No obstante, la menor atracción hacia las matemáticas y la ingeniería puede reflejar la persistencia de brechas pedagógicas en la enseñanza de estas

disciplinas, como lo afirman Zierer *et al.* (2021), quienes señalan que la percepción de dificultad y falta de conexión con la vida real reduce el interés estudiantil.

Además, estos resultados alertan sobre la necesidad de fortalecer una integración balanceada de las áreas STEM en la escuela, procurando que cada componente se relacione con contextos significativos, evitando que el enfoque se reduzca a experiencias esporádicas o centradas solo en tecnología. Tal como lo expresa Bybee (2013), un enfoque STEM auténtico debe promover la interdisciplinariedad, la resolución de problemas y la participación activa del estudiante.

De los estudiantes, que conocen algo del enfoque STEM, la siguiente **Figura 9**, muestra los resultados a la pregunta: “¿le gustaría que hubiera más actividades prácticas y laboratorios relacionados con STEM en el colegio?”, los cuales indican que una mayoría relativa de los estudiantes, especialmente de Argelia, respondió que “algo” les gustaría tener más actividades prácticas y laboratorios, seguido por un grupo importante que afirmó que “sí, mucho”. Esta tendencia sugiere una disposición favorable hacia enfoques experienciales en educación STEM, aunque con distintos niveles de entusiasmo, los cuales podrían estar relacionados con el alto nivel de desconocimiento como lo expresó la Figura anterior. No obstante, también se observa un porcentaje significativo de estudiantes, especialmente de GLAB, que mostraron indiferencia o falta de interés, lo que pone en evidencia la necesidad de repensar la forma en que se comunican y contextualizan estas experiencias allí.



En caso que usted sepa que es STEM ¿Le gustaría que hubiera más actividades prácticas y laborales relacionados con STEM en el colegio?

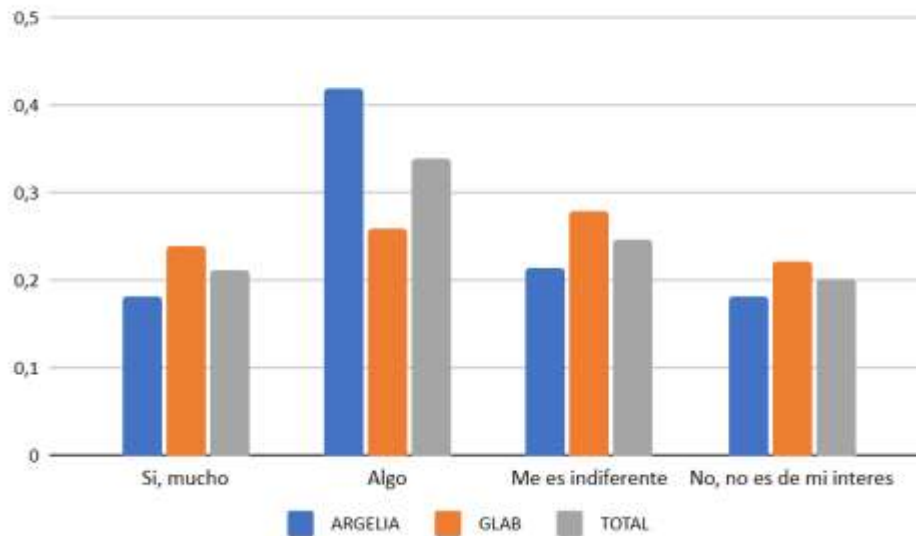


Figura 9. Interés de promoción de actividades prácticas y laboratorios relacionados con STEM en el colegio.

Este hallazgo concuerda con estudios recientes que destacan la importancia de incorporar actividades prácticas en la educación STEM para fomentar el conocimiento del enfoque, el interés, la motivación y el aprendizaje significativo (Honey et al., 2014). Sin embargo, también revela que la simple implementación de actividades prácticas no garantiza el compromiso estudiantil, si estas no se conectan con sus intereses o no se diseñan con enfoques pedagógicos adecuados (Margot y Kettler, 2019).

Por tanto, es necesario replantear las estrategias de implementación STEM, integrando metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), retos del mundo real, y la participación estudiantil en la creación de experiencias. Así se propicia un entorno donde las actividades prácticas no solo sean frecuentes, sino también significativas y motivadoras para todos los perfiles de estudiantes.

Referente a la habilidad de pensamiento científico, la siguiente **Figura 10**, muestra la frecuencia con la que los estudiantes de los colegios manifiestan utilizar esta habilidad en la escuela como en su vida diaria. Los resultados revelan que la mayoría de los estudiantes afirma usarlo “frecuentemente” o “ocasionalmente”, siendo especialmente destacable el porcentaje en Argelia, mientras que en GLAB predomina “ocasionalmente”. El uso “muy frecuente” es menor en ambos colegios, y las opciones “raramente” y “nunca” presentan valores bajos en proporción, aunque no despreciables.

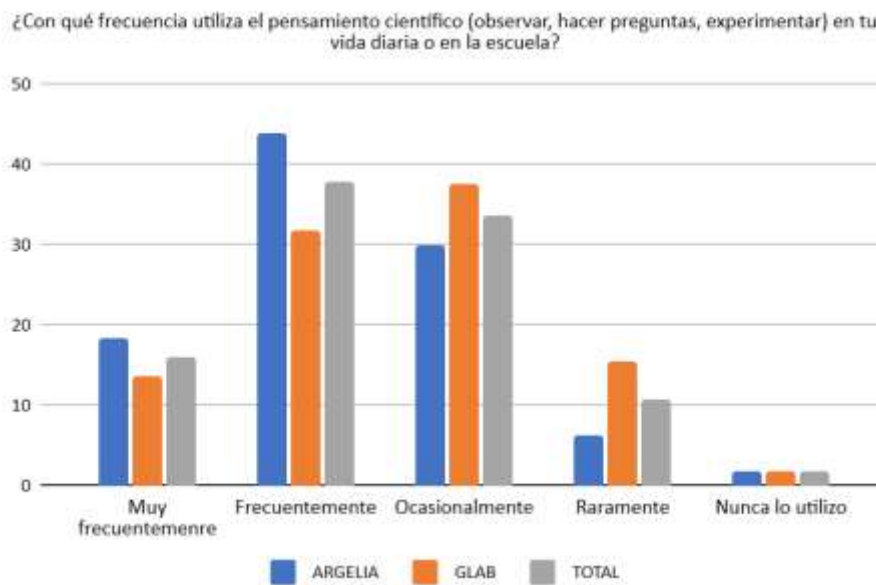


Figura 10. Percepción de la frecuencia de uso del pensamiento científico en la vida diaria y escuela por los estudiantes

Este escenario sugiere que los estudiantes están expuestos al pensamiento científico de forma moderada, pero aún se requiere fortalecer su aplicación, sobre todo en contextos reales y cotidianos. Esto coincide con lo planteado por Lederman *et al.* (2014), quienes enfatizan que la enseñanza de la ciencia debe ir más allá de contenidos teóricos para desarrollar competencias científicas transferibles a la vida diaria. Así mismo, Osborne (2014) señala que el pensamiento



científico es fundamental para la toma de decisiones informadas, especialmente en un mundo mediado por la tecnología y la información.

En ese sentido, promover escenarios de aprendizaje basados en indagación, resolución de problemas y metodologías activas puede ayudar a fortalecer la frecuencia y profundidad con la que los estudiantes aplican habilidades científicas, aspecto clave dentro de los marcos de la educación STEM (Bybee, 2013). La incorporación de tecnologías como la inteligencia artificial debe integrarse estratégicamente en este proceso, no solo como herramientas de consulta, sino como mediadoras de experiencias cognitivas activas.

Referente a las habilidades de pensamiento científico y crítico, las dos siguientes **Figura 11** y **Figura 12** muestran una percepción mayoritariamente positiva por parte de los estudiantes de los colegios respecto al desarrollo del pensamiento científico y crítico en la escuela. Una proporción significativa de los encuestados manifestó que la escuela les enseña “mucho” o “algo” a pensar de manera científica y crítica, con porcentajes combinados que superan el 80% en ambos contextos. Del mismo modo, la mayoría considera que el pensamiento científico les ayuda efectivamente a entender y resolver problemas de la vida real, destacando nuevamente las opciones “mucho” y “algo”.

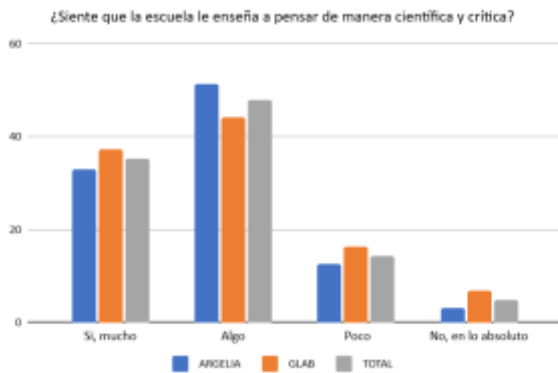


Figura 11. Percepción de los estudiantes en cuanto a si la escuela enseña a pensar de manera científica y crítica

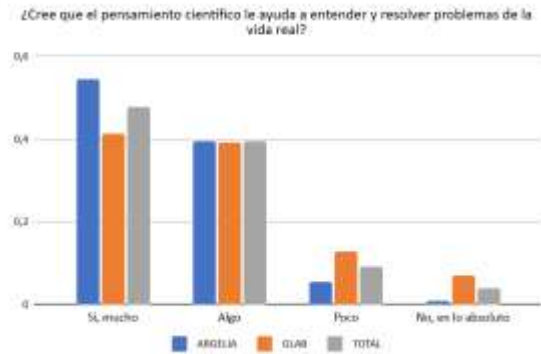


Figura 12. Percepción de los estudiantes en cuanto a si el pensamiento científico aporta en la comprensión y resolución de problemas de la vida real.

Estos resultados evidencian no solo el reconocimiento del valor práctico del pensamiento científico, sino también la percepción de que la escuela sí lo promueve en alguna medida. Sin embargo, las respuestas en las categorías “poco” o “en lo absoluto”, aunque minoritarias, alertan sobre brechas formativas que podrían estar relacionadas con metodologías centradas más en la transmisión de contenidos que en la experimentación, la indagación o el análisis crítico (Duschl & Bybee, 2014).

Desde un enfoque pedagógico contemporáneo, la enseñanza del pensamiento científico y crítico es esencial para la formación de ciudadanos capaces de enfrentar los desafíos de un mundo complejo y digitalizado (UNESCO, 2021). Este pensamiento, que implica observar, formular preguntas, generar hipótesis y tomar decisiones fundamentadas (Lederman, 2007), también está en el corazón de las habilidades del siglo XXI, tales como el razonamiento lógico, la resolución de problemas y la toma de decisiones informadas (Saavedra y Opfer, 2012).

Además, estos resultados respaldan la necesidad de fortalecer estrategias didácticas basadas en problemas reales, trabajo experimental y aprendizaje activo, como lo sugiere el enfoque STEM (Bybee, 2013), el cual propone integrar la ciencia y la tecnología en contextos cotidianos para hacer evidentes sus aplicaciones prácticas. Consolidar el pensamiento científico como eje transversal en todas las áreas del currículo permitirá avanzar hacia una educación más crítica, contextualizada y transformadora.

Complementando los resultados anteriores, la **Figura 13** muestra los resultados donde se les preguntó a los estudiantes que cuál o cuáles asignaturas perciben como principales promotoras del pensamiento científico, donde destacan en primer lugar a las Ciencias Naturales, seguida por Matemáticas y Tecnología.

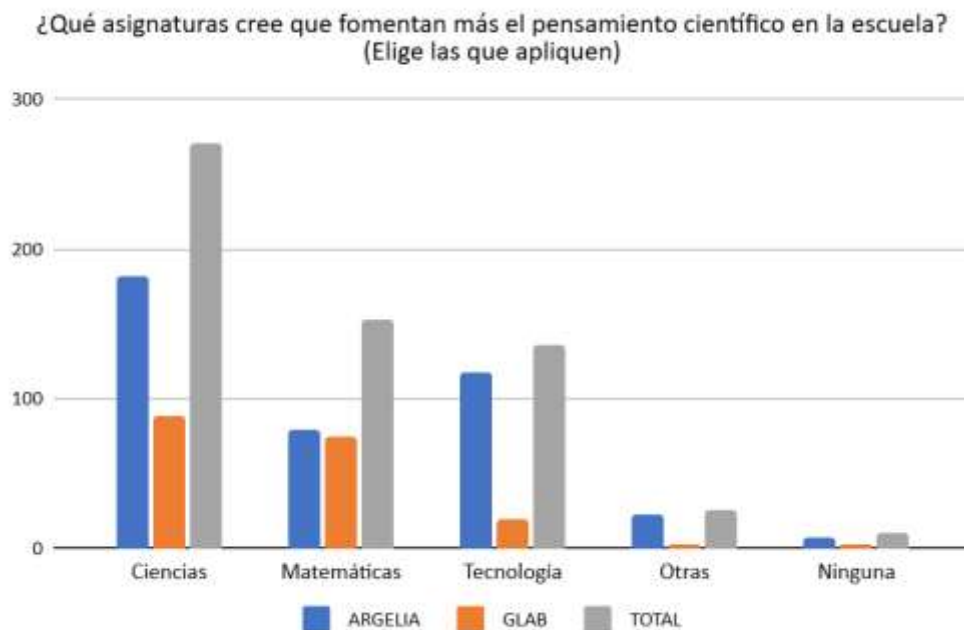


Figura 13. Asignaturas que perciben los estudiantes como principales promotoras del pensamiento científico en la escuela.



Estos resultados reflejan una percepción clara y tradicional de la ciencia escolar como el espacio privilegiado para el desarrollo del pensamiento científico, lo cual se alinea con lo planteado por Lederman y Abell (2007), quienes sostienen que las clases de ciencias son las que más explícitamente incorporan prácticas como la observación, la formulación de hipótesis, la experimentación y la argumentación basada en evidencia.

Por otra parte, la percepción favorable hacia las matemáticas y la tecnología como áreas que fomentan este tipo de pensamiento evidencia una mayor conciencia de su relación con el enfoque STEM. Recordar que según Bybee (2013), uno de los beneficios del enfoque STEM es precisamente la integración de disciplinas que fortalecen habilidades científicas y analíticas de manera complementaria y contextualizada.

La baja respuesta en la categoría "Ninguna" también sugiere que los estudiantes reconocen el valor de ciertas materias para el desarrollo del pensamiento crítico, lo cual representa un punto positivo para las instituciones educativas, pero también un llamado a potenciar el enfoque científico en áreas menos tradicionales mediante metodologías transversales (Saavedra y Opfer, 2012).

Conclusiones asociadas al primer objetivo específico

El diagnóstico aplicado a estudiantes de los colegios Argelia IED y Gimnasio Los Arrayanes Bilingüe evidenció que el 94,35% ha utilizado herramientas de Inteligencia Artificial (IA) para estudiar o realizar tareas, sin diferencia significativa entre ambas instituciones. Esta alta penetración tecnológica indica una transformación en los hábitos de estudio y subraya la



necesidad urgente de una integración pedagógica ética y efectiva de estas tecnologías en el aula (Luckin *et al.*, 2016).

En cuanto al tipo de herramientas utilizadas, predominan aquellas relacionadas con generación de texto, imágenes y búsquedas avanzadas, lo cual refleja un subaprovechamiento instrumental de la IAGen. Estos resultados sugieren que los estudiantes identifican beneficios como el acceso rápido a información, ahorro de tiempo y mejora en la comprensión de temas (Zawacki-Richter *et al.*, 2019), sin embargo, falta un aprovechamiento de la amplia variedad de recursos actuales.

Respecto al enfoque STEM, aunque un porcentaje importante ha escuchado el término, existe mayor interés por áreas como la Ciencia y la Tecnología, en contraste con Ingeniería y Matemáticas. Asimismo, más del 90% manifestó interés en contar con más actividades prácticas y de laboratorio en STEM, lo que refuerza la importancia de metodologías activas y contextualizadas (Bybee, 2013).

En relación con el pensamiento científico, la mayoría de los estudiantes manifestó usar habilidades como la observación, formulación de preguntas y experimentación en su vida diaria. Además, un alto porcentaje percibe que la escuela contribuye significativamente al desarrollo del pensamiento científico y crítico. No obstante, existe una minoría no despreciable que siente que esta formación es limitada, lo cual podría estar vinculado a prácticas docentes más centradas en contenidos que en metodologías participativas (Duschl y Bybee, 2014; Facione, 2015).

Finalmente, las asignaturas que los estudiantes reconocen como más vinculadas al pensamiento científico son Ciencias Naturales, seguidas por Matemáticas y Tecnología. Esto

destaca la necesidad de integrar estas competencias en otras áreas del currículo para promover un desarrollo transversal de habilidades del siglo XXI (Saavedra & Opfer, 2012).

Representación conceptual, diseño del prototipo

En el desarrollo conceptual se reconoce la necesidad de una alfabetización digital crítica, que no solo habilite el uso técnico de las herramientas, sino que también potencie su apropiación ética y contextual. Además el uso del ABP fortalece la validez del modelo conceptual, ya que ubica a los estudiantes como los protagonistas.

Como resultado del objetivo específico propuesto, se diseñó y presentó el prototipo titulado “Olimpiadas de Ciencias Naturales bajo el enfoque STEM mediados con la IA”. Esta estrategia pedagógica propone una experiencia didáctica, fundamentada en la resolución de desafíos científicos contextualizados que integran la IAGen como herramienta de mediación, creación y evaluación.

Prototipo de la estrategia pedagógica

Al construir a partir de la representación conceptual se construye un prototipo didáctico definido a través de las olimpiadas de ciencias naturales como espacio pedagógico activo. El diseño del prototipo incorpora etapas progresivas y articuladas: formulación de problemas, formulación de hipótesis, diseño metodológico, experimentación, propuesta de soluciones y comunicación de resultados, integrando el uso de herramientas de IAGen como apoyo en cada fase del proceso.



El prototipo promueve habilidades del siglo XXI como el pensamiento crítico, la colaboración y la comunicación, articulando saberes de las ciencias naturales con la tecnología y la creatividad. Se constituye como una propuesta flexible, adaptable a distintos grados escolares, y orientada al fortalecimiento del aprendizaje activo y significativo en el aula de ciencias, el prototipo puede ser consultado en el **ANEXO B. PROTOTIPO ESTRATEGIA**. El diseño no es sólo coherente con los postulados STEM, sino que también promueve la inclusión, el trabajo colaborativo, pensamiento computacional y aplicación de saberes a contextos locales. Se resalta su aplicabilidad en escenarios diversos ya que incluye una institución privada y una pública.

Para los objetivos específicos 2 y 3 se evidencia un trabajo riguroso y con propósito, desde la perspectiva de la educación STEM, este prototipo representa una propuesta de acción transformadora que une la innovación tecnológica con el compromiso por una educación más equitativa, crítica y en contexto. El uso de la IAGen no se plantea como una herramienta superficial, sino como una oportunidad para resignificar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Este tipo de estrategia fortalece la visión de los agentes educativos del enfoque STEM comprometidos con la sostenibilidad ambiental y la alfabetización científica para la vida.

Validación estrategia

El proceso de validación constituye una etapa clave en la construcción de propuestas pedagógicas innovadoras, especialmente en el caso de una estrategia que busca la integración de tecnologías emergentes como la IAGen bajo el enfoque STEM, de acuerdo con eso a continuación de muestran las dos validaciones aplicadas a la estrategia.



Mediante experto

El objetivo de someter la estrategia a la valoración mediante expertos cumple con los principios metodológicos de triangulación y validez de contenido (Escobar & Cuervo, 2008), ya que permite evaluar la coherencia con criterios especializados. Dentro de la evaluación se destacan los siguientes aspectos:

- ***Pertinencia del proceso de validación:***

El instrumento de validación está fundamentado en referentes como Escobar y Cuervo (2008), Botero (2023) y Bascopé et al. (2024), ya que este marco permite evaluar las dimensiones más relevantes de toda estrategia STEM+. La claridad de las escalas y los ítems permiten retroalimentación precisa y útil para el rediseño o mejora.

- ***Coherencia entre la estrategia y los criterios evaluados:***

Dentro de la validación por experto como se evidencia en el **ANEXO C. FORMATO DE VALIDACIÓN POR EXPERTO.**, la estrategia fue valorada positivamente en dimensiones esenciales como: la integración disciplinar, el fomento del pensamiento crítico y científico; derivado de la formulación de hipótesis, análisis de datos y comunicación de resultados; Inclusión de herramientas tecnológicas accesibles y la aplicación del ABP. En cuanto a esto se evidencia que la propuesta está alineada con los principios del enfoque STEM, especialmente en cuanto a relevancia pedagógica, potencial transformador y adecuación tecnológica.

- ***Aspectos críticos y sugerencias del experto***

A pesar que el juicio del experto tuvo resultados positivos, también plantea observaciones importantes que se deben tener en cuenta para las correcciones, como: son necesarios los



indicadores concretos del contexto educativo; lo cual permitiría fortalecer la pertinencia; también sugiere ser más específico en términos de las fases metodológicas- actividades, finalmente se identifican oportunidades de mejora en la formulación de instrucciones y preguntas orientadoras, lo cual se debe ver reflejado en el estímulo de la metacognición, autonomía y pensamiento crítico.

De acuerdo con estos tres aspectos, la validación evidencia que la propuesta es coherente, pertinente y potencialmente transformadora en el marco de una educación STEM, el instrumento que se utilizó permite valorar además de los aspectos formales el impacto esperado en los estudiantes, el contexto y la viabilidad. Además las sugerencias permiten enriquecer la propuesta, como se evidencia en el **ANEXO B. PROTOTIPO ESTRATEGIA**.

Mediante usuarios

Durante esta fase los estudiantes desarrollaron principalmente cuatro etapas en el proceso del desarrollo del proyecto, estas etapas son los indicadores que se evaluaron en el proceso:

- **Indicador 1:** Creación de la pregunta problema, a partir de la redacción de Prompt por parte de los estudiantes el cual ingresaban en los Chatbots de ChatGPT, Gemini y Copilot los cuales les generaban tres preguntas problemas, donde los estudiantes las leían, tomaban elementos importantes para ellos, desechaban otros y generaban una sola a partir de estas ideas.
- **Indicador 2.** Justificación de la pregunta problema, donde redactaban un párrafo explicando cómo y por qué habían sintetizado así la información.



- **Indicador 3.** Creación de la presentación, donde se les dió total libertad para crear la presentación con los recursos digitales y/o de IAGen que ellos consideran.
- **Indicador 4.** Recursividad para la toma de imágenes satelitales con Google Earth de sus zonas de estudio.

Así, la implementación de la estrategia pedagógica activa basada en el enfoque STEM, articulada a través de una Olimpiada de Ciencias Naturales y mediada por herramientas de Inteligencia Artificial Generativa (IAGen), permitió evaluar el desempeño de los estudiantes en diferentes fases y dimensiones del pensamiento científico. Se analizaron aspectos como la formulación de preguntas problema, su justificación, el uso de recursos digitales, y la recursividad para la toma de imágenes satelitales, la **Tabla 13** muestra los primeros resultados con los grupos de estudio involucrados, donde se valoró el desempeño de cada indicador de 1 a 4, donde 1 es el valor más bajo y 4 el más alto utilizando la rúbrica que se encuentra en el **ANEXO**

B. PROTOTIPO ESTRATEGIA

Tabla 13. Resultados de la evaluación de los grupos por indicadores.



Curso	Area a investigar	Creación Pregunta problema	Justificación del proceso de realización de la pregunta problema	Recursos usados para la creación de la presentación	Recursividad para la toma de imágenes satelitales
801	Humedal La Conejera	3	2	2	2
	Doña Juana	4	2	3	3
	Cerrejón	3	2	3	2
	Hidroituango	4	4	3	4
	Nevado del Ruiz	2	2	3	1
	Sierra Nevada de Santa Marta	1	1	3	4
802	San Vicente del Caguan	2	1	3	2
	Malambo	2	2	3	3
	Doña Juana	2	3	3	3
	Cerrejón	2	2	3	2
803	Hidroituango	2	2	3	4
	Cerrejón	2	2	3	1
	Conejera	4	3	3	4
	Sierra Nevada de Santa Marta	4	4	3	4
	Doña Juana	2	2	3	3
	Malambo	4	4	3	2
	Nevado del Ruiz	3	3	2	3
	San Vicente del Caguan	3	2	3	3
804	Malambo	2	2	3	2
	Hidroituango	4	4	3	4
	Cerrejón	1	1	1	1
	Sierra Nevada de Santa Marta	2	2	3	2
	Nevado del Ruiz	2	2	3	2
	San Vicente del Caguan	2	1	3	2
	Cerrejón	3	2	3	2
	Conejera	3	2	3	4
Doña Juana	3	2	3	4	

En la dimensión creación de la pregunta problema, se observa un desempeño alto en los cursos 803 y 804, con varios equipos alcanzando una calificación de 4. Esto indica un nivel avanzado en la identificación de problemas científicos contextualizados, lo cual es coherente con estudios que destacan la importancia de fomentar habilidades de indagación desde edades escolares para consolidar el pensamiento crítico y la alfabetización científica (Lederman, 2007; Osborne, 2014).

La justificación del proceso de realización de la pregunta problema también presenta puntuaciones destacadas en cursos como 803, lo que sugiere que los estudiantes no solo lograron plantear preguntas pertinentes, sino también argumentarlas. Esta capacidad se relaciona



directamente con el desarrollo de competencias científicas y argumentativas, fundamentales en el marco de las habilidades del siglo XXI (Saavedra & Opfer, 2012).

En cuanto a los recursos utilizados para la creación de la presentación, la mayoría de los grupos alcanza puntuaciones intermedias (2-3), lo cual evidencia el uso funcional, pero no necesariamente innovador, de herramientas digitales. La integración efectiva de tecnologías digitales, incluyendo IAGen, sigue siendo un reto en términos de creatividad y autonomía (Luckin et al., 2016).

La recursividad en la toma de imágenes satelitales, que evidencia la habilidad para resolver problemas técnicos usando tecnologías accesibles como Google Earth, se destaca especialmente en estudiantes de 803 y 804. Esta dimensión refleja el espíritu del enfoque STEM, promoviendo la resolución de problemas reales mediante medios digitales (Martínez-Abad et al., 2021).

De manera transversal, se evidencia una mejora progresiva entre los cursos, lo cual puede estar asociado al nivel de madurez cognitiva y a un mayor dominio en el uso de herramientas digitales. Además, la propuesta fomenta una integración pedagógica de la IAGen no como fin, sino como medio para potenciar competencias de investigación escolar, lo cual concuerda con el llamado de autores como Zawacki-Richter *et al.* (2019), quienes subrayan que la IAGen debe ser usada de forma pedagógicamente intencionada.



A partir de los datos anteriores, se realizó un análisis de estadística descriptiva, donde en la **Tabla 14**, se presentan las medias (promedios) de desempeño por curso en relación con los cuatro indicadores evaluados.

Tabla 14. Medias (promedios) de los resultados por cursos y por indicadores.

Curso	Medias			
	Creación Pregunta problema	Justificación del proceso de realización de la pregunta problema	Recursos usados para la creación de la presentación	Rekursividad para la toma de imágenes satelitales
801	2,83	1,17	2,83	2,67
802	2,00	2,00	3,00	2,50
803	3,00	2,75	2,88	3,00
804	2,44	2,00	2,78	2,56

El curso 803 muestra el mejor rendimiento general, destacándose especialmente en Creación de la pregunta problema (3,00), Justificación del proceso (2,75) y Rekursividad para la toma de imágenes satelitales (3,00), las tres señaladas en color verde, lo que evidencia un mayor dominio conceptual y autonomía frente a los desafíos propuestos. En contraste, el curso 801 presenta la media más baja en la justificación del proceso (1,17) en color amarillo, lo que sugiere dificultades en el desarrollo argumentativo de sus ideas, a pesar de obtener buenos resultados en la creación de la pregunta problema (2,83). El curso 802 se destaca en el uso de recursos para la presentación (3,00) en color verde, pero presenta un desempeño más limitado en los demás indicadores. Finalmente, el curso 804 muestra desempeños intermedios en la mayoría de los aspectos, sin sobresalir significativamente en ningún indicador. Estos resultados permiten identificar fortalezas por curso y aspectos que requieren refuerzo pedagógico.

Ahora bien, la **Tabla 15**, muestra los resultados de cuatro indicadores evaluados (creación pregunta problema mediada por Chatbots de IAGen, justificación del proceso de realización de la



pregunta problema, recursos usados para la creación de la presentación y recursividad para la toma de imágenes satelitales) mediante medidas de tendencia central, dispersión y extremos.

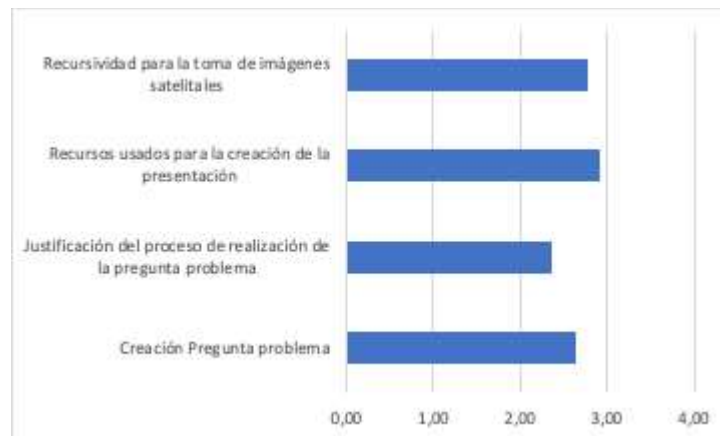
Tabla 15. Medidas de tendencia central, mínimo y máximo, y desviación estándar.

Indicador	Media	Mediana	Min	Máx	Desv.Estándar
Creación Pregunta problema	2,63	2	1	4	0.91
Justificación del proceso de realización de la pregunta problema	2,26	2	1	4	0.89
Recursos usados para la creación de la presentación	2,86	3	1	3	0.45
Recursividad para la toma de imágenes satelitales	2,70	3	1	4	1.01

El indicador con mejor desempeño fue el de "Recursos usados para la creación de la presentación", con una media de 2,86 y una baja desviación estándar (0,45) en color verde, lo que indica un desempeño alto y homogéneo entre los estudiantes. El indicador que sigue es el de "Recursividad para la toma de imágenes satelitales", con una media de 2,70 y mediana de 3, aunque presenta la mayor dispersión (1,01) en color amarillo, lo que sugiere variabilidad en el nivel de creatividad y solución de problemas. En contraste, los indicadores "Creación de la pregunta problema" y "Justificación del proceso de realización de la pregunta problema" tienen las medias más bajas (2,63 y 2,26 respectivamente), lo cual sugiere una necesidad de fortalecer estas habilidades argumentativas y de pensamiento crítico. Todos los indicadores muestran valores mínimos de 1 y máximos de 4, reflejando que hubo estudiantes en todos los rangos posibles de desempeño.

La siguiente **Figura 14**, muestra gráficamente la media (promedio) de los resultados de cada uno de los indicadores, detallando que si bien ninguno llegó a valor máximo de 4, el que más se acercó fue la recursividad para la creación de las presentaciones

Figura 14. Medidas de tendencia central de los resultados de cada indicador en la estrategia



Más detalladamente, la **Figura 14** presenta las medias de desempeño de los estudiantes en cuatro indicadores evaluativos relacionados con su proceso de trabajo académico. Se observa que el indicador con mayor promedio es “Recursos usados para la creación de la presentación”, seguido por “Recursividad para la toma de imágenes satelitales” y “Creación de la pregunta problema”. El indicador con el promedio más bajo es “Justificación del proceso de realización de la pregunta problema”, lo que refleja una dificultad generalizada en el desarrollo argumentativo y reflexivo de los estudiantes. Esto sugiere la necesidad de fortalecer las habilidades explicativas y analíticas mediante estrategias pedagógicas más enfocadas en la argumentación.

Conclusión preliminar al objetivo 4

En el marco de una Olimpiada de Ciencias Naturales, se implementó una estrategia pedagógica activa fundamentada en el enfoque STEM e integrada con herramientas de IAGen,



para fortalecer habilidades de pensamiento científico y crítico en estudiantes de grados 8°. La evaluación de la estrategia pedagógica por usuarios se realizó a partir de cuatro indicadores clave: creación de la pregunta problema, justificación del proceso, uso de recursos para la presentación y recursividad en el uso de imágenes satelitales.

Los principales hallazgos estuvieron relacionados con que el indicador mejor valorado fue “Recursos usados para la presentación” ($M = 2,86$; $DE = 0,45$), lo que muestra un uso generalizado, aunque no necesariamente innovador, de tecnologías IAGen. Esto coincide con estudios que destacan la necesidad de un enfoque creativo y autónomo en la incorporación de estas herramientas (Luckin et al., 2016).

La recursividad con imágenes satelitales ($M = 2,70$) fue alta, aunque con mayor variabilidad ($DE = 1,01$), lo que demuestra potencial en resolución de problemas técnicos con medios accesibles como Google Earth (Martínez-Abad *et al.*, 2021).

Y la creación de la pregunta problema ($M = 2,63$) y, especialmente, su justificación ($M = 2,26$), fueron los indicadores con menores promedios, lo cual evidencia una oportunidad de mejora en el pensamiento crítico y la argumentación científica, aspectos esenciales para una educación del siglo XXI (Facione, 2015; Osborne, 2014).

En conclusión, la estrategia demostró ser efectiva para fomentar habilidades científicas mediante el uso intencionado de la IAGen como mediación didáctica, permitiendo a los estudiantes enfrentar problemas reales con autonomía y creatividad. Sin embargo, se requiere reforzar las competencias argumentativas y analíticas en futuras implementaciones. Este enfoque respalda las recomendaciones de Zawacki-Richter et al. (2019), quienes señalan que la



integración de IAGen en educación debe estar guiada por fines pedagógicos claros y enfocados en el desarrollo integral del estudiante

Colegio Argelia

Durante la ejecución en el colegio Argelia se presentaron diferentes situaciones que se declaran en el **ANEXO E. LIMITACIONES DE INVESTIGACIÓN**, por lo que para efectos de la validación por usuarios no se puede tener en cuenta ya que hay una variación metodológica, donde la docente que realizó aplicación hizo una intervención que modificó la estrategia.

De los resultados obtenidos por los estudiantes en el colegio Argelia se puede destacar varias dimensiones de la estrategia, en la **Tabla 16** se relacionan.

Tabla 16. Fortalezas y aportes de la estrategia.

Dimensión	Relevancia	Estrategia pedagógica
Propósito	Resolución de problemáticas ambientales, mediadas por la IAGen	<ul style="list-style-type: none">● problemática ambientales● inclusión y transformación social● comunidades o entorno real.
Interdisciplinariedad	STEM	Integra ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas, IAGen, inclusión ambiental.
Metodologías activas	ABP	ABP contextualizado, mediación digital, trabajo cooperativo, estimulación del pensamiento crítico.
Mediación tecnológica	Tecnologías	Uso de la IAGen como herramienta generativa, con alfabetización digital crítica.
Innovación	STEM+	Visión innovadora el involucrar IA, y enfoque STEM con propósito social.



A partir de la información relacionada en la **Tabla 16**, se evidencian los principios STEM, interdisciplinariedad, ABP y el uso de tecnología, pero, adicional a esto sobresale su componente innovador: usa la inteligencia artificial generativa como herramienta pedagógica situada, incorpora una mirada crítica, ética y transformadora que supera los enfoques o técnicas aisladas del entorno.

Conclusiones

En la fase de diagnóstico se evidenció que la mayoría de los estudiantes utiliza herramientas de IA en su vida académica, pero que existe una brecha entre el uso cotidiano y la comprensión conceptual y de potencial de la IAGen, por lo tanto, es necesario desarrollar procesos formativos que no solo fomenten la alfabetización digital, sino que además promuevan una reflexión crítica y ética sobre su aplicación.

La conceptualización de la estrategia permitió integrar elementos pedagógicos, tecnológicos y disciplinarios, articulando la IAGen con el enfoque STEM para la construcción posterior de una estrategia donde se promoviera la personalización del aprendizaje, la resolución de problemas y el pensamiento científico. Además, el diseño conceptual evidenció que esta integración requiere una mediación docente intencionada y una alineación con los currículos institucionales para garantizar la pertinencia y aplicabilidad.

El prototipo de estrategia “olimpiadas de ciencias naturales” mediadas por IAGen, se consolidó como una propuesta adaptable a contextos educativos diversos. Su diseño incorporó actividades interdisciplinarias, retos contextualizados y el uso guiado de IAGen para fortalecer



habilidades científicas. Esto demuestra que la propuesta tiene potencial para impactar positivamente el aprendizaje, sin que los recursos económicos sean un factor determinante.

La validación mediante expertos y usuarios evidenció una alta aceptación de la propuesta, donde se destaca su capacidad para motivar a los estudiantes, favorecer el trabajo cooperativo y desarrollar competencias STEM. Así mismo, se identificaron oportunidades de mejora relacionadas con la capacitación docente previa, la incorporación de una fase cero de alfabetización digital para los estudiantes, la incorporación de indicadores de seguimiento que permitan medir el impacto a mediano plazo en el rendimiento académico y el desarrollo de pensamiento científico.

Visión prospectiva del proyecto

Lecciones aprendidas:

- El uso de IAGen puede potenciar la autonomía y la argumentación en estudiantes, siempre que esté acompañada de una mediación docente intencionada y crítica.
- Las problemáticas ambientales cercanas son un recurso pedagógico con el cual se promueve la educación STEM, logrando estimular el sentido de pertenencia y responsabilidad ambiental.

Fortalezas de la estrategia:

- El enfoque STEM es abordado desde una perspectiva crítica, colaborativa y situada en el territorio.
- La resolución de problemas medioambientales reales, fomenta el desarrollo de competencias científicas, tecnológicas y comunicativas.



- La IAGEn es una herramienta innovadora que se puede usar incluso en contextos de baja infraestructura.
- La interdisciplinariedad es favorecida por el trabajo cooperativo entre estudiantes y con la guía del docente.

Oportunidades de mejora:

- Formación docente constante en el uso ético y pedagógico de la IAGEn.
- Diferenciación pedagógica de la estrategia, según los niveles de desempeño.
- Incorporar además de las rúbricas cuantitativas, rúbricas de evaluación formativa, para la valoración del proceso.

Recomendaciones para replicabilidad:

- Adicional a la estrategia se debe hacer una guía didáctica abierta y adaptable.
- Incluir una fase 0 al inicio en donde se trabaje alfabetización digital en herramientas como Google Earth, Canva, capturas de pantalla, y una introducción en chatbots que no sean Chat GPT o Meta IA.
- Incluir espacios de formación docente para la apropiación del enfoque STEM y las tecnologías emergentes como IA.

Ideas para nuevos proyectos:

- Clubes escolares de ciudadanía científica y ética digital para formar a los miembros en IA integrados con problemáticas científicas.
- Desarrollo de un repositorio de recursos educativos creados con IAGEn, validados por docentes y estudiantes para su uso libre.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Consideraciones éticas

La implementación de IAGen dentro de los contextos educativos exige un compromiso ético que proteja la integridad académica, la equidad y la protección de datos personales. Es imperativo garantizar el cumplimiento de la legislación vigente en materia de privacidad y uso responsable de la tecnología. La estrategia debe promover un uso crítico y consiente de la imagen, evitando estrategias como plagio y fomentando la autoría genuina. Además, se debe velar por el acceso a herramientas y la mediación docente intencionada.



BIBLIOGRAFÍA

- Altbach, P. G., & de Wit, H. (2018). Are we facing a fundamental challenge to higher education internationalization? *International Higher Education*, (93), 2-4.
- Alianza Educativa. (s. f.). *Nuestro modelo pedagógico*. Recuperado de Alianza Educativa website
- Area, M., Gros, B., y Marzal, M. Á. (2008). *Alfabetizaciones y tecnologías de la información y la comunicación*. *Revista Comunicar*, 16(31), 73-80.
<https://doi.org/10.3916/c31-2008-01-008>
- Beers, S. Z. (2011). 21st Century Skills: Preparing Students for THEIR Future. In *21st Century Skills: Rethinking How Students Learn* (pp. 1-13).
- Bransford, J. D., Brown, A. L., y Cocking, R. R. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. National Academy Press.
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., y Koehler, C. M. 2012. What is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.
- Bybee, R. W. (2010). *Advancing STEM Education: A 2020 Vision*.
- Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. NSTA Press.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. 2014. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W. W. Norton & Company.
- Campbell, D., y Stanley, J. (1963). *Diseños experimentales y cuasi-experimentales en la investigación social*. Amorrortu.
- Carbonell, J. (2001). *La aventura de innovar: el cambio en la escuela*. Morata.



- Castro A., Iturbe C., Jimenez R., Silva M. (2020). ¿Educación STEM o en humanidades? Una reflexión en torno a la formación integral del ciudadano del siglo XXI. Utopía y praxis latinoamericana. Vol 25. Núm 9. Universidad de Zulia. Venezuela.
- Chalmers, M. (2021). STEM education and its impact on scientific thinking and technical skills: A review of evidence. *Journal of Science Education and Technology*, 30(2), 145-160.
<https://doi.org/10.1007/s10956-021-09876-3>
- Chassignol, M., Schuetzler, R. M., & Jin, J. (2023). Exploring the role of generative AI in STEM education. *Journal of Educational Technology*, 42(1), 98-110.
- Cheng, K. H., y Tsai, C. C. (2022). The Role of Artificial Intelligence in STEM Education: A Review of Applications and Challenges. *Journal of Educational Technology & Society*.
- Cotton, D. R. E., Cotton, P. A., y Shipway, J. R. (2023). Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. *Innovations in Education and Teaching International*, 1–12. <https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2190148>
- Denzin, N. K., y Lincoln, Y. S. (2011). *The SAGE Handbook of Qualitative Research* (4th ed.). SAGE Publications.
- Denzin, N. K. (1978). *The research act: A theoretical introduction to sociological methods* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2022). ¿Qué es la estratificación socioeconómica? <https://www.dane.gov.co/index.php/servicios-al-ciudadano/servicios-informacion/estratificacion-socioeconomica>
- Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. Macmillan.
- Domènech J., Lope S., Mora L. (2019). Qué proyectos STEAM diseño y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 16(2), 2203. Universidad de Cádiz. APAC-Eureka.



- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., y Wood-Robinson, V. (1994). *Making Sense of Secondary Science: Research into Children's Ideas*. Routledge. (Esta obra explora las ideas y conceptos erróneos que los estudiantes suelen tener sobre las ciencias naturales, y cómo se puede mejorar su comprensión a través de metodologías educativas efectivas).
- Duschl, R. A., y Bybee, R. W. (2014). Planning and carrying out investigations: An entry to learning and to teacher professional development around NGSS science and engineering practices. *International Journal of STEM Education*, 1(1), 1–9.
<https://doi.org/10.1186/2196-7822-1-12>
- EDUCAUSE Review. (2022). AI in Higher Education: Opportunities and Challenges. Recuperado de <https://er.educause.edu/articles/2022/5/ai-in-higher-education-opportunities-and-challenges>
- Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In M. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed., pp. 119–161). Macmillan.
- Facione, P. A. (2015). *Critical thinking: What it is and why it counts* (PDF e-book). Insight Assessment.
- Geertz, C. (1973). *The interpretation of cultures: Selected essays*. Basic Books.
- González-González, C., Infante-Moro, A., & Infante-Moro, J. (2020). Mobile learning in higher education: Using mobile tools to support students' learning. *Sustainability*, 12(9), 3723. <https://doi.org/10.3390/su12093723>
- González, A. (2021). Retos del enfoque STEM en América Latina: una mirada desde la política educativa. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 23(1), 1-18.
<https://doi.org/10.24320/redie.2021.23.e01.2286>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., y Courville, A. (2016). *Deep Learning*.



- Gutiérrez, A. (2020). Características psicológicas y subjetivas de los estudiantes de bachillerato según su rendimiento académico. Dialnet.
<https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/5123816.pdf>
- Hattie, J. (2009). *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Holmes, W., Bialik, M., y Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*.
- Holmes, W., Bialik, M., y Fadel, C. (2023). *Artificial Intelligence in Education: Promises and implications for teaching and learning*. Cambridge University Press.
- Honey, M. y Hilton, M. (2011). *Learning Science Through Computer Games and Simulations*.
- Honey, M., Pearson, G., y Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K–12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.
<https://doi.org/10.17226/18612>
- Hughes, B. S., Corrigan, M. W., Grove, D., Andersen, S. B., y Wong, J. T. (2022). Integrating arts with STEM and leading with STEAM to increase science learning with equity for emerging bilingual learners in the United States. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 1–19.
<https://doi.org/10.1186/s40594-022-00375-7>
- Kemmis, S., y McTaggart, R. (2005). *Participatory action research: Communicative action and the public sphere*. In N. K. Denzin y Y. S. Lincoln (Eds.), *The Sage handbook of qualitative research* (3rd ed., pp. 559–603). SAGE Publications.
- Knight, J. (2020). *Internationalization of Higher Education: A Global Perspective*. Routledge.



- Jiménez, M. (2021). Bienestar y salud mental en los estudiantes de bachillerato de Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana.
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/66071>
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). *An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning*. *Educational Researcher*, 38(5), 365–379. <https://doi.org/10.3102/0013189X09339057>
- Julve C. (2022). ¿Qué opina el profesorado de las disciplinas STEM sobre el aprendizaje por indagación? REIDOCREA, 11(58), 670-674.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G.
- Lederman, N. G., y Abell, S. K. (2007). *Handbook of Research on Science Education*. Routledge.
- Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–879). Routledge.
- Lederman, N. G., Lederman, J. S., y Antink, A. (2014). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 2(3), 138–147. <https://doi.org/10.18404/ijemst.33546>
- Li, Y., Schoenfeld, A. H., DiSessa, A., y Graesser, A. (2020). Computational thinking and STEM education: Focus on STEM practices. *Journal for STEM Education Research*, 3(2), 203-208.
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., y Forcier, L. B. 2016. *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*.
- Luckin, R. (2018). *Enhancing learning and teaching with technology: What the research says*. UCL Institute of Education Press.



- Margot, K. C., y Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- McKernan, J. (2001). *Investigación y evaluación educativa*. Morata.
- McKinsey y Company. (2023). The Future of Work: How AI is Transforming Education and Employment. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work>
- National Research Council. (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas.
- Ortiz, J., Sanz, R. y Greca I. (2021). Una mirada crítica a los modelos teóricos sobre educación STEAM integrada. *Revista Iberoamericana de Educación*. Vol. 87. Num. 2 Pp 12-22. Universidad de Burgos. España.
- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177–196. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>
- Paul, R., y Elder, L. (2008). The miniature guide to critical thinking: Concepts and tools. Foundation for Critical Thinking.
- Peters, M. A. (2017). Technological unemployment: Educating for the fourth industrial revolution. *Educational Philosophy and Theory*, 49(1), 1-6.
- Piaget, J. (1972). The psychology of the child. Basic Books.
- ----- (1976). The Child and Reality: Problems of Genetic Psychology.
- Punie, Y., Zawacki-Richter, O., y Bolognese, J. (2022). ICT and education: Exploring the impact of digital technologies on educational equity. *European Journal of Education*, 57(2), 169-183.



- Ramírez, M., y González, L. (2021). La Educación STEM en Colombia: Desafíos y Oportunidades en la Implementación de Nuevas Tecnologías en la Enseñanza. *Educación y Sociedad*.
- Rizvi, F., y Lingard, B. (2010). *Globalizing education policy*. Routledge.
- Rivas, P., y Pérez, J. (2022). Innovación Educativa y Brechas Digitales: Retos en la Integración de Tecnologías en la Educación Secundaria en Colombia. *Revista Colombiana de Educación*.
- Russell, S., y Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. (4th ed.) Pearson.
- Saavedra, A. R., y Opfer, V. D. (2012). Learning 21st-century skills requires 21st-century teaching. *Phi Delta Kappan*, 94(2), 8–13. <https://doi.org/10.1177/003172171209400203>
- ----- (2012). Teaching and Learning 21st Century Skills: Lessons from the Learning Sciences. *Journal of Teaching and Teacher Education*, 28(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.11.006>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Santillán-Aguirre, J., Jaramillo-Moyano, E., Santos-Poveda, R., y Cadena-Vaca, V. (2020). STEAM como metodología activa de aprendizaje en la educación superior. *Polo del conocimiento*, 5(8), 467-492.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum.
- Schleicher, A. (2018). *World class: How to build a 21st-century school system*. OECD Publishing.
- Selwyn, N. (2021). Digital inequalities in education: The challenge of technology in a globalized world. *Educational Policy Review*, 33(4), 350-367.
- Senge, P. M. (1990). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*. Doubleday.



- Sharma, M., Kumar, R., y Pathak, P. (2024). Bridging the digital divide: Equity challenges in integrating AI in education. *International Journal of Educational Innovation*, 25(3), 215-230.
- Spector, J. M. (2021). *Artificial Intelligence for Education: Applications, Opportunities, and Threats*. Springer
- Sternberg, R. J. (1985). *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. Cambridge University Press.
- Stake, R. E. (2005). *Qualitative case studies*. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *The SAGE Handbook of Qualitative Research* (3rd ed., pp. 443–466). SAGE Publications.
- Trumbull, D.J., Bonney, R., and Grudens Schuck, N. (2005). Developing materials to promote inquiry: Lessons learned. *Science Education*, 89(6), 879–900.
- UNESCO. (2021). *Global Education Monitoring Report 2021/2: Non-state actors in education: Who chooses? Who loses?* Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378106>
- —————. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707>
- —————. (2022). *Global Education Monitoring Report 2022: Bridging the Global Education Gap*. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380227>
- —————UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386699>
- Van Brakel, R., y De Hert, P. (2011). Policing, surveillance and law in a pre-crime society: Understanding the consequences of technology-based strategies. *Journal of Police Studies*, 20(3), 163–192. <https://doi.org/10.5553/PolitieK> 1860
- World Economic Forum. (2020). *The Future of Jobs Report 2020*. Recuperado de <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>



- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Yakman, G. (2008). STEAM Education: An Overview of Creating a Model of Integrative Education. PATT-19 Proceedings: Research and Practice in Technology Education: Perspectives on Human Capacity and Development.
- Yang, Q., y Zhang, X. (2022). AI in STEM education: Emerging technologies for enhanced learning experiences. *Journal of Educational Technology & Society*, 25(3), 48-61.
- Zawacki-Richter, O., Marzouk, Z., y Kien, M. (2019). Systematic Review of the Literature on Artificial Intelligence in Higher Education.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., y Gouvemeur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education: Are the technological tools working for the educational field? *Computers and Education*, 147, 103-123.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., y Gouvemeur, F. (2020). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education: Are the technological tools working for the educational field? *Computers and Education*, 147, 103-123.
- Zhao, Y. (2009). *Catching Up or Leading the Way: American Education in the Age of Globalization*. ASCD. Este libro analiza los desafíos y oportunidades que la globalización plantea para los sistemas educativos, y cómo la tecnología puede ayudar a los estudiantes a adaptarse a un mundo interconectado.
- Zierer, K., Seel, N. M., y Ifenthaler, D. (2021). Why students struggle with STEM subjects: The role of motivational beliefs. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00283-9>