



Inteligencia artificial y su aplicación en el aprendizaje de la química en la Educación Superior

Artificial intelligence and its application in the learning of chemistry in higher education

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16894834>

Peña Pernaletе, José Rafael¹

Correo: jose_rafa19921@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-0366-429X>

Universidad Nacional Experimental "Rafael María Baralt". Zulia, Venezuela

Resumen

El propósito de esta investigación, es dar a conocer los aspectos fundamentales de la Inteligencia Artificial (IA) y su implementación en el aprendizaje de la Química en la Educación Superior. A tal efecto se desarrolló una investigación documental del tema a desarrollar (Badaró et al., 2013; Vásquez et al., 2018; Baeza, 2021; Ayuso, 2022). La importancia de la química radica en que ella es la ciencia que estudia la composición, estructura y propiedades de la materia, así como los cambios que experimenta durante reacciones químicas. Históricamente la química moderna es la revolución de la alquimia tras la revolución química (Baeza, 2021), teniendo las primeras experiencias del hombre como químico con la utilización del fuego en la transformación de la materia. Por otro lado, la inteligencia artificial en la industria química está dando qué hablar gracias a la capacidad que otorga a las empresas de optimizar sus procesos productivos, analizar el proceso y recopilar datos de alta precisión, además de reducir los costos de producción ampliamente. Es por ello que, al estar el sector químico a la cabeza de la innovación, se hace importante implementar este recurso tecnológico en la enseñanza de la misma y así aprovechar las nuevas tecnologías y soluciones que se ponen a su alcance.

Palabras clave: enseñanza de la química, inteligencia artificial, tecnología, educación superior

Abstract

The purpose of this research is to present the fundamental aspects of Artificial Intelligence (AI) and its implementation in the learning of Chemistry in Higher Education. For this purpose, documentary research on the topic to be developed was carried out (Badaró et al., 2013; Vásquez et al., 2018; Baeza, 2021; Ayuso, 2022). The importance of chemistry lies in the fact that it is the science that studies the

¹ Mg. Sc. en la Enseñanza de las Ciencias Naturales. Docente investigador.



composition, structure, and properties of matter, as well as the changes it undergoes during chemical reactions. Historically, modern chemistry is the revolution of alchemy after the chemical revolution (Baeza, 2021), having the first experiences of man as a chemist with the use of fire in the transformation of matter. On the other hand, artificial intelligence in the chemical industry is making waves thanks to the ability it gives companies to optimize their production processes, analyze the process, and collect high-precision data, in addition to significantly reducing production costs. Therefore, as the chemical sector is at the forefront of innovation, it is important to implement this technological resource in chemical teaching and thus take advantage of the new technologies and solutions available to it.

Keywords: chemistry teaching, artificial intelligence, technology, higher education

Introducción

En el actual contexto nos encontramos inmersos en una sociedad que se orienta, cada vez más, hacia el proceso de la tecnificación masiva. Cada cierto tiempo, y con enormes avances, todos los sectores que la estructuran están en cierta medida, sometiéndose en algunos caos o adecuándose en otros a los avances de la tecnología y, de acuerdo al nivel de desarrollo alcanzado, adaptándose frente a tan inevitable tendencia. El área de la educación (que es sensible a los cambios en la sociedad, ya que avanza a la par de la misma) también se encuentra atravesando dicha tendencia ineluctable de adaptación a las novedosas comunidades de interacción tecnológica; proceso que está orientado a nuevas tendencias y perfiles en relación a las nuevas propuestas en el sector. Pero, cabe la interrogante crucial ¿hasta qué nivel la tecnología es capaz de revolucionar el universo de la educación?

En el panorama educativo actual, las clases de química en los niveles de educación superior enfrentan el desafío de adaptarse a la rápida evolución de la tecnología y la ciencia. Mientras que la química tradicional ha sido la piedra angular de la enseñanza, es imperativo reconocer que la inteligencia artificial (IA) se ha convertido en un recurso esencial en la investigación y aplicación de conceptos químicos avanzados. La integración de la IA en el aula de química no solo representa un avance tecnológico, sino que también abre las puertas a nuevas oportunidades pedagógicas que pueden revolucionar la forma en que los estudiantes interactúan con los principios fundamentales de la química. Por ende, la implementación de la inteligencia artificial se presenta como una necesidad urgente en la enseñanza de la química, ya que las herramientas y algoritmos basados en IA no solo permiten abordar

problemas complejos de manera eficiente, sino que también ofrecen una perspectiva innovadora para explorar fenómenos moleculares.

Desde los niveles más tempranos, como el nivel de los infantes hasta los más elevados estándares del posgrado, uno de los mecanismos clave por los que la IA impactará en la educación, será por medio de aplicaciones relacionadas al aprendizaje de tipo individualizado. Dicho proceso no es nada novedoso ya que, a nivel de las tecnologías de la información y comunicación, es el desarrollo y la implementación de simuladores y programas tutoriales, además de diversos programas de juegos interactivos desarrollados bajo una interfaz cada vez más amigable con el usuario, el norte que impulsa su desarrollo. Dichos implementos de sistemas tratan de adaptarse las diversas necesidades de los estudiantes para lo cual el desarrollo de las nuevas tecnologías hace más viables los propósitos.

En relación al proceso de la educación personalizada, la aplicación de la IA puede en cierta manera, plantearse como una solución viable, ya que la asistencia automatizada en relación a la ayuda de los estudiantes (independientemente del nivel) permite una nueva y atractiva perspectiva en relación al dinamismo del aprendizaje, debido a que la interacción virtual regulada por los parámetros de la IA, permite facilitar los aprendizajes, dado que los mecanismos de apoyo se encontrarán disponibles cuando sean necesarios independientemente del tiempo y el espacio del usuario. Es así como lo anterior conlleva a repensar el proceso de enseñanza aprendizaje, generando un gran impacto en los aprendizajes convencionales, y a medida que se desarrollen nuevas y mejores aplicaciones sustentadas en la IA, será más que probable que los nuevos *currícula* puedan ser sensibles y versátiles a la adaptación acelerada en relación a las nuevas y parsimoniosas formas de entender el quehacer educacional en el presente siglo.

Según lo manifestado por Saavedra (2016), en la última década se patenta por un sendero de enormes cambios, muchos de ellos imperceptibles directamente por las mayorías; pero cuyo trasunto abarca y seguirá abarcando un sinnúmero de actividades ya que los adelantos tecnológicos no tienen precedentes en la historia. Ellos han impulsado la gestión del conocimiento a tiempo oportuno en los más altos niveles de la toma de decisiones, no tan solo en el sector público, sino también en el sector privado empresarial. La función de la inteligencia como elemento de política pública a nivel nacional y estratégico está experimentando cambios importantes dentro de la sociedad global e interdependiente actual (p. 79).

Inteligencia Artificial y su impacto profundo en el mundo globalizado

La IA es un tema per se de gran envergadura, ya que logra avasallar muchos aspectos de las tendencias actuales; sin embargo, el promedio de la población que entiende de ello es mínimo. Sobre este aspecto, Mialhe y Lannquist (2018) mencionaron que la enorme masa de ciudadanos de la denominada "aldea mundo" se encuentran en una situación no muy privilegiada respecto a las tecnologías de IA y desconocen notoriamente los posibles efectos y por ende los riesgos a los que quedarían expuestos ante este avance ineluctable que se gesta cada vez a pasos más acelerados.

Es por ello, que el criterio de empleabilidad de la IA es muy diverso y en la actualidad es utilizada prioritariamente por ramas como informática y robótica (Vázquez et al., 2018), pero sus posibilidades se extienden a múltiples áreas como las ciencias sociales y sus potencialidades como apoyo en las ciencias empresariales, donde el auge de estimación a tiempo real de los valores y la enorme cantidad de datos a procesar, requiere del implemento de sistemas basados en IA (Mialhe, 2018). Tampoco puede dejar de mencionarse que el desarrollo actual de redes neuronales artificiales y los sistemas de procesamiento basados en algoritmos genéticos son cada vez más tecnologías con una mayor difusión y se emplean de rigor en el campo de la investigación y la dinámica de mercados bursátiles (Badaró, Ibañez, Agüero, 2013).

Inteligencia humana e inteligencia artificial

La inteligencia humana conviene a ser la suma de aquellas capacidades cognitivas que le otorgan al ser humano una relativa autonomía, las que pueden categorizarse como "perfiles de inteligencia" o "inteligencias múltiples", según lo expuesto por Corvalán (2017). Ahora bien, otros investigadores como Barrio (2018) desde la óptica antropológica, le dan otra perspectiva a tan intrincado aspecto al asumir diferencias entre las inteligencias artificial y humana, ya que según dicho investigador, el ordenador (independiente de su capacidad o potencia) está limitado en el manejo de lo que denomina "significantes" (lenguaje lógico de programación) con una capacidad de memoria superior a la inteligencia humana; pero que a diferencia de esta última no es capaz de interpretar los significados; por lo que la inteligencia operacional o de cálculo de un computador está limitado al manejo de información, pero que no posee la capacidad de comprensión de aquello que procesan.

Entre la diversidad de aspectos relacionados a la idea de "inteligencia", se tiene que el eje transversal es la capacidad que se tiene para procesar la información del mundo circundante y que se orienta a la solución de problemas. Por esencia el cerebro, de forma específica la corteza cerebral, controla la capacidad para el procesamiento de la información proveniente del entorno y del mismo organismo que deberá emplearse de forma inmediata para evaluar y elegir los mecanismos de acción, sobre un plano de decisiones y la selección de opciones que parezcan las más útiles o posibles.

La inteligencia artificial (IA) está referida al modo de simular las capacidades de inteligencia del cerebro humano (Badaró, Ibañez, Agüero, 2013), y también se asume que la IA es parte de las Ciencias de la Computación que se ocupa del diseño de sistemas inteligentes, esto es, sistemas que exhiben características que asociamos con la inteligencia en las conductas humanas. Mariño y Primorac (2016) ahondan un poco más en la cuestión al manifestar que la IA es concebida como parte de las Ciencias de la Computación que permiten proporcionar "una diversidad de métodos, técnicas y herramientas para modelizar y resolver problemas simulando el proceder de los sujetos cognoscentes" (p. 232).

Entonces, ¿es posible atribuir facultades propias del ser humano a una máquina? La posible respuesta a tal diatriba se centra en el campo de la ciencia cognitiva, de lo que históricamente se desprende por los inicios de la misma, en 1956, en un Congreso sobre la teoría de la información realizado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), donde destaca la figura de Noam Chomsky quien al establecer los parámetros de lo que conocemos como lenguaje, se refería a todo un sistema sistemáticamente estructurado bajo un esquema formal, similar al de las matemáticas, con lo cual en cierta medida se estaba justificando (con cierta presunción de rigor científico) la atribución de facultades humanas a una máquina, proceso concebido como una forma de pensamiento mecánico en un ordenador.

Así, del análisis de tales propuestas nacieron dos formas de entender la IA: (1) IA débil que solo se encuentra restringida al empleo de ordenadores para el estudio de las posibilidades cognitivas del ser humano y (2) la IA fuerte que se orientaba a ligar los nexos entre la IA y la inteligencia humana y ver la forma de vincularlas cada vez más (Ramos, 2014).

La universidad clásica versus la nueva universidad

Es clásico entender, que la universidad se ha dedicado a la conservación e integración de la denominada herencia cultural de saberes, ideas y valores generados por el desarrollo de la humanidad en los diversos campos del quehacer científico, técnico y humanístico; virtud por la cual, se ha mantenido estratégicamente conservadora, porque la misma entendida mediáticamente como una institución representativa en todo el orbe, dispone del régimen de autonomía, lo cual la faculta para mantener dicho apostolado. Para dar más luces al respecto Morín (2018) expuso los sentidos de la conservación en la misión universitaria en dos perfiles contrapuestos:

1. La conservación vital, la cual está orientada a preservar y salvaguardar, en función del proceso del desarrollo que sustenta el futuro, asentado sobre las bases de un pasado conservado y transmitido bajo los cánones propios de los claustros académicos; ya que a su entender el futuro, entendido como tal, no puede materializarse si no está umbilicalmente ligado a un pasado salvaguardado.
2. La conservación estéril, aspecto que no sería tan negativo si es que, históricamente referenciado, la universidad durante mucho tiempo y debido a sus orígenes, se ha mantenido bajo un dogma anquilosado y muy conservador ya que en sus claustros la rigidez y el ostracismo han sido los parámetros rectores de mucho del tiempo de su existencia, como lo acaecido en las universidades más antiguas que se conocen; y aquello aun sin tomar en cuenta las férreas adopciones clericales que han cimentado las bases de muchas de ellas en el viejo continente. Sobre este punto también se ha discutido, como por ejemplo en el caso peruano sobre la reforma universitaria, que en su momento urgía vitalmente tal como lo expuso el "Amauta" José Carlos Mariátegui (1980) al mencionar que la universidad era concebida como "la Bastilla de la reacción".

La relación contrapuesta de la conservación de los estamentos de la sociedad, su cultura y los nuevos desafíos que afronta, colocan a la universidad clásica en un serio dilema de elevada coyuntura, que problematiza su sesgo de decisiones en función de cuál de los dos parámetros, que deberá de tener en cuenta al momento de llevar a cabo sus fines y objetivos. Si es que se resuelve por la primera opción, la de la conservación, se encontrará en el papel fosilizado de perpetuidad renuente, que de cierto aplicará

algunos cambios circunstanciales y necesarios; pero que no serán trascendentales, lo que traducido le relegará el papel de sempiterna guardiana del *statu quo* del entorno en el cual está inmersa.

Ahora bien, si es que optara de forma radical por la segunda opción, que es muy atractiva, estaría frente a un difuso derrotero de aristas confrontacionales y dilemas éticos, así como sociales en relación a la aplicación *ad libitum* de las nuevas tecnologías, que a la luz del panorama actual siguen generando arduas controversias a nivel mundial acerca de los riesgos y peligros de la IA y su mal uso, o el paradójico futuro de la independencia de las máquinas inteligentes que llevarían al riesgo de extinción a la especie, cuyos argumentos colindantes entre la ciencia ficción y reputados científicos tiende a cundir ciertos atisbos de alama al respecto, aunque algunos tratan de tildarlos como "chauvinismos digitales" (Rao, 2018).

Es por ello que, en la formación universitaria se pone énfasis en el diseño de perfiles profesionales que se enmarquen al trabajo y a la generación de conocimiento. En lo que va del presente siglo, la educación superior universitaria se ha volcado a un novedoso paradigma socio-cognitivo, donde el proceso de aprendizaje es constante y en continua evolución, en el que los contenidos y metodologías deben estar acordes a las necesidades propias de cada realidad, con la necesidad de implementar estrategias metacognitivas, el raciocinio de carácter lógico basado en nuevos estilos de comunicación e interactividad digital (Mariño y Primorac, 2016).

Competencias digitales

La revolución en las diversas tecnologías en las últimas décadas ha generado una serie de impactos importantes y de gran repercusión en lo que respecta a la educación superior, ya que no solo ha permitido la generación de procedimientos sustentados en los modernos procesos de gestión del conocimiento, sino que además ha permitido la generación de novedosos entornos y han planteado nuevas modalidades en la formación (Gisbert y Esteve, 2016).

Son bien conocidos los nuevos retos de la sociedad de la información, los ecosistemas de bases de datos y los entornos inteligentes, que demandan de la universidad una mayor atención en el contexto actual, Morín (2018). Pero, debido al vertiginoso avance de la ciencia y la tecnología, así como su disponibilidad al usuario final y con éste su aceptación o proximidad a los recursos tecnológicos, genere

una marcada especie de sesgo ante su aceptación, que no por todos es percibido como icono de una generación, ya que Gisbert y Esteve (2016) plantearon que las particulares características de los individuos, respecto a las nuevas tecnologías, no guarda en sí misma una pobre relación con la edad del individuo y sus respectivos caracteres como rasgo generacional, sino con la aproximación que éstos hacen a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).

Entonces, esta aproximación en la educación universitaria ¿se orienta estructuralmente a los grandes cambios en las tecnologías masivas de información? ¿Hay una vertiente diáfana en los contextos de la educación superior que se enfoque a los cambios que suscitan los nuevos retos sustentados en la educación digital?, ¿Cuál es el perfil, y que competencias deberá desarrollar el estudiante inmerso en el mundo virtual? Es consabido que la enseñanza de la IA plantea diversos desafíos que abarcan desde los aspectos éticos al cómo debe ser enseñado o divulgado en etapas tempranas de pregrado y del desafío más crucial, cómo hacerla más interdisciplinaria (Eaton et al., 2018).

Un punto básico en tan intrincado dilema se sitúa en el campo de la nueva alfabetización del estudiante universitario: la alfabetización digital. Otros aspectos que se relacionan con el rubro de las competencias digitales sustentadas en IA lo ha planteado tiempo atrás la Comisión Europea (2007), al asumir que la competencia digital deberá ser entendida como una de las *competencias clave* muy necesaria para el aprendizaje continuo, definiéndola como la amalgama de actitudes, capacidades y conocimientos con lo cual se asegura un adecuado empleo de carácter crítico de la tecnología en el campo de las sociedades de la información, que serán utilizadas en diversas actividades que van desde el trabajo, la comunicación, hasta el ocio.

Dichas exigencias, según el organismo mencionado, están enraizadas en las competencias básicas en temas de las tecnologías de información y comunicación, el empleo del ordenador para obtener, evaluar, almacenar, producir, presentar e intercambiar información y comunicarse, además de participar en comunidades virtuales interactivas a través de la internet. Entonces podría decirse que las competencias digitales tienden a ser la suma de todas los conocimientos, actitudes y habilidades en aspectos tecnológicos, informacionales y virtuales generados en el crisol de la educación superior, y sustentado sobre una nueva y muy compleja alfabetización tecnológica de carácter funcional, ya que

comprende la utilización de las herramientas de forma productiva, que abarcaría mucho más que un uso estrictamente operacional (Gisbert y Esteve, 2016).

Así, el gran reto de la universidad del nuevo milenio estriba en la urgente necesidad de planificar, diseñar, desarrollar e implementar (sustentado en las competencias digitales) procesos formativos y de certera acreditación que le permita poner en evidencia los niveles para estas competencias a fin de lograr conseguir formar mejores profesionales y personas que estén en la completa capacidad de entender y desarrollar el entorno tecnológico en función a sus necesidades.

Sistemas de Tutoría Inteligente (STI) y aprendizaje online

En esta última década de este nuevo milenio, la humanidad han sido testigo de los considerables avances de inteligencia artificial en la educación. Muchas aplicaciones son ampliamente utilizadas por los educadores y los estudiantes de hoy, con algunas variaciones entre el modelo K- 12 y la configuración que requiere la universidad. Aunque la educación de calidad siempre requerirá un compromiso activo por parte de profesores humanos, los formatos basados en IA prometen una muy sustancial mejora en la educación para todos los diversos niveles, con una mejoría cualitativa sin precedentes: proporcionar al aprendiz una certera personalización a medida de sus requerimientos, con lo cual se estaría resolviendo el proceso, hasta cierto punto paradigmático, de cómo lograr una mejor integración entre las diversas formas de interacción humana y el aprendizaje cara a cara con las novedosas tecnologías prometedoras sustentadas en IA.

Los robots o sistemas automatizados, han sido durante mucho tiempo dispositivos educativos populares (como por ejemplo el Lego Mindstorms desarrollado por el ITM Media Lab en la década de 1980). Los sistemas de tutoría inteligente (ITS) están basados en tutores automatizados que se han empleado para la enseñanza de ciencias, matemáticas, idiomas y otras disciplinas; están basados en tecnologías interactivas, en muchos casos. Los sistemas de procesamiento del lenguaje natural humano, especialmente combinado con el aprendizaje automatizado y crowdsourcing, ha impulsado el aprendizaje *on line* lo cual repercutió positivamente en la labor docente al ampliar significativamente las dimensiones de las clásicas aulas y, al mismo tiempo abordar las diversas necesidades y estilos de

aprendizaje de los estudiantes. Los conjuntos de datos de los sistemas de aprendizaje en línea han impulsado un rápido crecimiento en el aprendizaje analítico.

La realidad del contexto nos muestra que algunas universidades han sido lentas en la adopción de tecnologías basadas en IA, quizás entre otros motivos, debido a la carencia de financiamiento y a la falta de sólidos estudios que pongan en evidencia la relevancia predominante de dichas tecnologías que, como es el caso de otras latitudes, permiten auxiliar a los estudiantes a lograr objetivos de aprendizaje significativos. Por otro lado, América del Norte apuesta para los próximos quince años el uso de la tutoría inteligente y otras tecnologías basadas en IA para auxiliar la labor de los maestros en el aula y es muy probable que dichas experiencias se expandan significativamente, al igual que el aprendizaje basado en aplicaciones de realidad virtual.

Todo esto es posible, gracias a las nuevas herramientas de programación sustentadas en IA, así como poderosas herramientas de programación basadas en el mismo formato (tales como Ruby o Python) cuyos algoritmos permiten generar una interfaz más efectiva, así como reducir el costo de verificar y corregir errores. El desarrollo de la interfaz de la interacción entre la máquina y el ser humano es cada vez más asequible y, de hecho, cabe la posibilidad de que la máquina sea capaz de sugerir, si es que se puede hablar coloquialmente, al usuario final; es decir que tienda a generar un cambio de actitud con carácter persuasivo hacia el individuo para que éste pueda realizar cierta actividad que el programa ya decidió como la más relevante y de forma efectiva al interactuar con diversas matrices de datos, que al sistema basado en IA le permita recomendar una determinada acción.

Metodología

El tema propuesto se centra en la aplicación de la Inteligencia Artificial en el aprendizaje de la asignatura de Química a nivel superior. La precisión del tema se refiere a delimitar claramente el alcance y los aspectos clave que se abordan en esta investigación (Baeza, 2021). En este caso, la investigación se enfoca en examinar cómo la implementación de la Inteligencia Artificial, en la asignatura Química puede contribuir al aprendizaje y al desempeño de los estudiantes de educación superior.

Se busca explorar el impacto en términos de mejoras en el rendimiento académico, la motivación, el interés y la retención de conocimientos en la asignatura de Química (Ayuso, 2022). Es importante tener

en cuenta que el estudio se limita a personas que se encuentran en el nivel universitario. Esto implica que los participantes tienen una base de conocimientos previa en Química, pero presentan deficiencias y lagunas en su aprendizaje debido a la falta de información en sus estudios (Riera y Madelin, 2022).

Así mismo, se destaca la importancia de la asignatura de Química, ya que es un pilar fundamental común en el diseño curricular general unificado y requiere un enfoque específico para facilitar el aprendizaje de los conceptos químicos.

Aplicación de la IA en el proceso de enseñanza de la química en educación superior

Desarrollar algoritmos basados en inteligencia artificial (IA) para calcular la energía molecular es un objetivo complejo que implica una combinación de habilidades en química, informática y matemáticas. La implementación de este objetivo puede llevarse a cabo mediante diversas estrategias y metodologías de enseñanza y aprendizaje. Aquí hay un análisis en profundidad, desde la perspectiva de un docente pedagogo en función a los resultados alcanzados en el estudio:

Metodologías de enseñanza

Enfoque Interdisciplinario	<ul style="list-style-type: none">- Integrar conceptos de química, informática y matemáticas para proporcionar a los estudiantes una comprensión completa del problema.- Fomentar la colaboración entre docentes de diferentes disciplinas para abordar la complejidad del tema.
Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)	<ul style="list-style-type: none">- Presentar el problema de calcular la energía molecular como un desafío para resolver.- Permitir a los estudiantes explorar y comprender la relevancia de la IA en la química y la informática.
Proyectos de Investigación	<ul style="list-style-type: none">- Dividir a los estudiantes en grupos y asignarles la tarea de investigar diferentes aspectos del problema.- Fomentar la autonomía y la responsabilidad en la búsqueda de información y desarrollo de soluciones.

Estrategias

Aprendizaje Activo	<ul style="list-style-type: none">- Utilizar laboratorios virtuales y prácticas simuladas para que los estudiantes interactúen con los conceptos teóricos y prácticos de la química computacional.- Fomentar la colaboración entre docentes de diferentes disciplinas para abordar la complejidad del tema.
Clases magistrales y conferencias	<ul style="list-style-type: none">- Impartir clases magistrales para proporcionar una base teórica sólida en química computacional y algoritmos de IA.- Invitar a expertos en el campo para conferencias y demostraciones prácticas
Aprendizaje colaborativo	<ul style="list-style-type: none">- Fomentar la colaboración entre los estudiantes al asignar tareas específicas a cada miembro del grupo.- Organizar trabajos en equipos para discutir y resolver desafíos encontrados durante la aplicación.

Evaluación

Evaluación formativa	<ul style="list-style-type: none">- Proporcionar realimentación continua durante el desarrollo del proyecto.- Evaluar los conceptos de química, informática y matemáticas de manera incremental.
Presentaciones y defensas	<ul style="list-style-type: none">- Solicitar a los estudiantes que presenten y defiendan sus soluciones frente a la clase.
Autoevaluación y evaluación en equipo	<ul style="list-style-type: none">- Incorporar procesos de autoevaluación y evaluación en equipo para fomentar la autorreflexión y el aprendizaje colaborativo.- Promover la discusión constructiva entre los estudiantes para mejorar la calidad de las soluciones propuestas.

Fuente: Peña (2025)

Conclusiones

La Inteligencia Artificial ha permitido adaptar el contenido de la asignatura de Química según el ritmo y las necesidades de cada estudiante. Esto puede resultar en un aprendizaje más efectivo al permitir que los estudiantes avancen a su propio ritmo. Además, puede proporcionar acceso en línea a recursos educativos avanzados, como simulaciones interactivas y bases de datos de investigación, enriqueciendo

la experiencia de aprendizaje y permitiendo a los estudiantes explorar conceptos de Química de manera más profunda.

Los sistemas de IA pueden proporcionar realimentación inmediata a los estudiantes sobre sus respuestas y desempeño en tareas, lo que puede mejorar la comprensión de conceptos y fomentar la autorreflexión. Se pueden analizar datos sobre el desempeño de los estudiantes en tiempo real, ayudando a los educadores a identificar áreas problemáticas y ajustar sus métodos de enseñanza para abordar las necesidades individuales de los estudiantes.

La IA aplicada al aprendizaje de la Química a nivel superior ha generado opiniones diversas entre científicos. Se destaca su potencial para democratizar el conocimiento y personalizar el aprendizaje, aumentar la motivación y la retención, así como su impacto social y económico. Sin embargo, existen desafíos técnicos y de acceso, y se requiere supervisión continua. En general, se reconoce el potencial transformador de la IA en este ámbito, pero se deben abordar los desafíos y garantizar una implementación adecuada.

Los centros de educación superior, así como los institutos de investigación adscritos a los mismos se encuentran, al igual que el personal que los representa, listos para el salto cualitativo en el empleo de los sistemas basados en IA, ya que por más asequibles que se presenten, la situación no está en cómo adquirirlos o utilizarlos sino en el cómo ir desarrollándolos y adecuándolos a las diversas realidades de entornos multivariados. Tal es el caso de la realidad de los países en vías de desarrollo cuyas necesidades álgidas de superación estarían viéndose afectadas por la denominada brecha digital-tecnológica, por lo que urge la apremiante necesidad del desarrollo de tecnologías y sistemas de IA acordes con los requerimientos de las diversas necesidades de la universidad pública o privada.

Las diversas plataformas y tendencias que promete el futuro del desarrollo de la IA en el rubro de la educación nos resultan sumamente atractivas, y en algunos casos hasta inalcanzables para algunas realidades; pero, aun así, es poco probable que los sistemas de aprendizaje basados en IA sean totalmente capaces de reemplazar la enseñanza humana en las escuelas. En el caso particular de América Latina, ¿es oportuna la implementación e inversión en IA? La respuesta es afirmativa. Lo corrobora Pounder y Liu (2018) al referir que tales tecnologías son piezas clave, para solucionar el crecimiento de largo plazo en

la región de catalizar los aspectos de competitividad y productividad, con miras a una verdadera transición potencial con nuevas y mejores oportunidades en el mercado global.

Referencias

- Barrio, J. (2018). Aspectos del inacabamiento humano. *Observaciones desde la antropología de la educación*. Recuperado de: <https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/7192/200-barrio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Caride, J. (2016). La pedagogía social en el diálogo de las universidades con la educación popular y la educación social. *Revista Interamericana de Educación de Adultos*, 38 (1), 85-106. Recuperado de: <http://www.crefal.edu.mx/rieda/images/rieda-2016-1/contrapunto2.pdf>
- Corvalán, J. (2017). *Inteligencia Artificial y derechos humanos* (Parte I). Diario DPI Cuántico, Diario Constitucional y Derechos Humanos, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Corvalán, J. (2018). Estados eficientes. La productividad del sector público bajo la lupa. *Integración & comercio*, 44, 256-264. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6551948>
- Cano, E., Rey, J., Graván, P. y López-Meneses, E. (2015). Diseño y desarrollo del modelo pedagógico de la plataforma educativa "Quantum University Project". *Campus virtuales*, 2(1), 54-63. Recuperado de: <http://uajournals.com/ojs/index.php/campusvirtuales/article/view/28>
- Diéguez, A. (2017). *Transhumanismo*. La integración del hombre a la máquina. Lima: Herder Editorial.
- Dodson, T., Mattei, N. y Goldsmith, J. (2011). A natural language argumentation interface for explanation generation in Markov decision processes. In International Conference on Algorithmic. *Decision Theory*, pp. 42-55. https://doi.org/10.1007/978-3-642-24873-3_4
- Eaton, E., Koenig, S., Schulz, C., Maurelli, F., Lee, J., Eckroth, J. y Williams, T. (2018). Blue sky ideas in artificial intelligence education from the EAAI 2017 new and future AI educator program. *AI Matters*, 3(4), 23-31. <https://doi.org/10.1145/3175502.3175509>
- Gisbert, M. y Esteve, F. (2016). Digital Leaners: la competencia digital de los estudiantes universitarios. *La cuestión universitaria*, (7), 48-59. Recuperado de: <http://polired.upm.es/index.php/lacuestionuniversitaria/article/view/3359/3423>
- Herrera, L. y Muñoz, D. (2017). Inteligencia artificial y lenguaje natural. *Lenguas Modernas*, 19, 157-165. Recuperado de: <https://lenguasmodernas.uchile.cl/index.php/LM/article/view/45790>
- Innovation and Science Australia. (2017). *Australia 2030: Prosperity through Innovation*. Canberra: Australian Government.
- Mariátegui, J. (1980). *7 ensayos de interpretación de la realidad peruana*. Lima: Ed. Amauta.
- Mariño, S. y Primorac, C. (2016). Propuesta metodológica para desarrollo de modelos de redes neuronales artificiales supervisadas. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*, 6, 231-245. <https://www.upo.es/revistas/index.php/IJERI/article/view/1654/1569>

- McTear, M., Callejas, Z. y Griol, D. (2016). *The Conversational Interface: Talking to Smart Devices: Springer International Publishing*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-32967-3>
- Miailhe, N. (2018). Competing in the Age of Artificial Intelligence: The State of the Art of AI & Interpretation of Complex Data. *Focus (SCOR Global P&C)*.
- Miailhe, N. y Lannquist, Y. (2018). Un desafío de gobernanza mundial. *Integración & comercio*, (44), 218-231. Recuperado de: <https://intal-lab.iadb.org/algoritmolandia/10.php>
- Morín, E. (2018). *De la reforma universitaria*. Recuperado de: <http://beu.extension.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/275>
- Pandiella, A., Moreno, L., García, C. y Sanz, E. (2018). Modelo de estimación de los indicadores del Academic Ranking of World Universities (Shanghai Ranking). *Revista española de Documentación Científica*, 41(2), e204. <https://doi.org/10.3989/redc.2018.2.1462>
- Pant, T. (2016). *Building a Virtual Assistant for Raspberry Pi: The practical guide for constructing a voice-controlled virtual assistant*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4842-2167-9>
- Pérez, M., Carbonell, M. y Fontanillas, T. (2014). La construcción colaborativa de proyectos como metodología para adquirir competencias digitales. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, 21 (42), 15-24. <https://doi.org/10.3916/C42-2014-01>
- Pounder, K. y Liu, G. (2018). Nuevas ocupaciones. Latinoamérica y el espejo de Australia. *Integración & comercio*, 44, 272-289. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6551949>
- Ocaña, Y. y Valenzuela, L. (2018). La gestión del conocimiento y gobernanza. *Mejores gobiernos, ciudadanos felices*. Lima: Fondo editorial UCV.

Declaración de conflicto de interés y originalidad

Conforme a lo estipulado en el *Código de ética y buenas prácticas* publicado en *Revista Ethos*, el autor **Peña Pernalet, José Rafael**, declara al Comité Editorial que no tiene situaciones que representen conflicto de interés real, potencial o evidente, de carácter académico, financiero, intelectual o con derechos de propiedad intelectual relacionados con el contenido del artículo: **Inteligencia artificial y su aplicación en el aprendizaje de la química en la Educación Superior**, en relación con su publicación. De igual manera, declara que el trabajo es original, no ha sido publicado parcial ni totalmente en otro medio de difusión, no se utilizaron ideas, formulaciones, citas o ilustraciones diversas, extraídas de distintas fuentes, sin mencionar de forma clara y estricta su origen y sin ser referenciadas debidamente en la bibliografía correspondiente. El autor consiente que el Comité Editorial aplique cualquier sistema de detección de plagio para verificar su originalidad.