



Enseñando el flujo de información genética con el uso de modelos 3D, herramientas bioinformáticas e inteligencia artificial

Cruz Sánchez, David
david.cruz@enp.unam.mx

García Cruz, Karla Verónica
veronica.garcia@enp.unam.mx

Escuela Nacional Preparatoria Plantel 8 “Miguel E. Schulz”
Universidad Nacional Autónoma de México

Resumen

El uso de material didáctico impreso en 3D, junto con herramientas como la Inteligencia Artificial (IA), puede ser una forma innovadora de mejorar la enseñanza del dogma central de la biología molecular. Los modelos 3D impresos permiten visualizar de manera más efectiva las estructuras y las interacciones de las moléculas involucradas en este proceso, lo cual facilita la comprensión de conceptos complejos. Además, la IA puede proporcionar recursos interactivos y adaptativos para ayudar a los estudiantes en su aprendizaje. Por ejemplo, puede asistir en la elaboración de reportes escritos, ofreciendo retroalimentación inmediata sobre la estructura y el contenido, así como generando preguntas o ejercicios interactivos para evaluar la comprensión. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la IA no debe reemplazar al profesor o tutor, sino complementar su labor. En una experiencia docente con estudiantes de bachillerato, se utilizaron modelos 3D, herramientas bioinformáticas y la IA para enseñar el dogma central de la biología molecular. Se llevaron a cabo diferentes actividades, como la construcción de un modelo tridimensional de ADN, la simulación de la traducción del ARN mensajero y el estudio de las mutaciones en el ADN y su impacto en la secuencia de aminoácidos de las proteínas. Finalmente, se solicitó a los estudiantes que elaboraran un reporte escrito colaborativo, utilizando IA para aclarar dudas y crear ilustraciones.

Desarrollo

El material didáctico impreso en 3D es una herramienta innovadora que permite crear objetos tridimensionales a partir de diseños digitales. Estos objetos pueden ser utilizados para facilitar el aprendizaje de conceptos abstractos o complejos, como el dogma central de la biología molecular. Esté describe el flujo de información genética desde el DNA hasta las proteínas, pasando por el RNA. Para comprender este proceso, es necesario visualizar las estructuras y las interacciones de las moléculas involucradas. Sin embargo, los libros de texto y las imágenes bidimensionales no siempre son suficientes para captar la tridimensionalidad y la dinámica de estas moléculas. Por eso, el uso de modelos 3D impresos o en papel puede ser una alternativa eficaz para mejorar la comprensión y el interés de los estudiantes. (Da Veiga Beltrame *et al.*, 2017; Pai *et al.*, 2018).

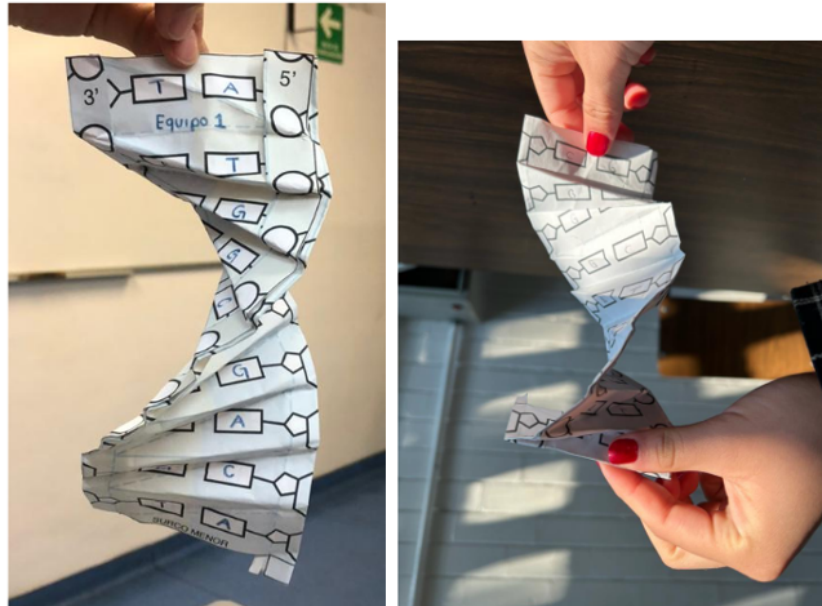
Los modelos 3D no es la única herramienta que puede facilitar y mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje. El uso de (Inteligencia Artificial) IA también puede ofrecer a los estudiantes recursos interactivos y adaptativos que se ajusten a sus necesidades y preferencias. Por ejemplo, puede facilitar la elaboración de reportes escritos en la enseñanza del dogma central de la biología molecular. La IA puede ayudar a los estudiantes a comprender mejor este proceso y a resolver dudas concretas que puedan surgir durante la redacción de sus reportes. También, puede ofrecer retroalimentación inmediata sobre la estructura, el contenido y el estilo de los reportes, señalando posibles errores, inconsistencias o ambigüedades. Además, la IA puede generar preguntas o ejercicios interactivos para evaluar el nivel de comprensión de los estudiantes y reforzar los conceptos clave del dogma central. La IA, por tanto, puede ser una aliada para mejorar la calidad de los reportes escritos y el aprendizaje de los estudiantes sobre el dogma central de la biología molecular. Sin embargo, la IA no debe sustituir el papel del profesor o del tutor, sino complementarlo y enriquecerlo. La IA debe ser usada con criterio y responsabilidad, y siempre teniendo en cuenta las necesidades y los objetivos de cada estudiante.

En esta experiencia docente con estudiantes de bachillerato, se presentan los beneficios y aplicaciones del uso de modelos 3D, herramientas bioinformáticas y el uso de IA para la enseñanza del dogma central de la biología molecular. Se realizó en la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) Plantel 8 Miguel E. Schulz para la Unidad 3 “La investigación biológica y sus aportaciones para la comprensión de alteraciones en los procesos celulares” de la asignatura de Biología IV que se imparte en el quinto año del plan de estudios de la ENP.

Se planteo el objetivo que el alumnado conociera sobre el gen y el DNA, sus componentes, funciones y cómo se transmite la información genética en los organismos usando modelos 3D, IA y Tecnologías de la información. Para ello se realizaron 4 diferentes actividades divididas en cuatro sesiones, 3 presenciales y 1 extraclase.

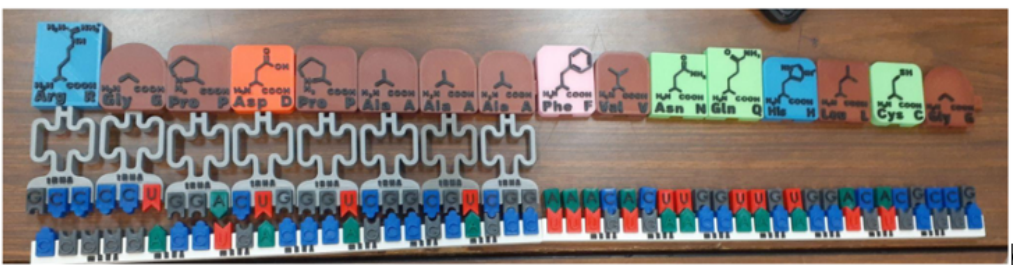
En la primera sesión con la finalidad de comprender la estructura y la función del DNA mediante la construcción de un modelo tridimensional. Se realizó lo siguiente: En plenaria se expone una introducción de la estructura del DNA y de la complementariedad de las bases. El DNA está formado por dos cadenas de nucleótidos que se unen mediante puentes de hidrógeno entre las bases nitrogenadas. Las bases se complementan de acuerdo con el principio de A con T y C con G. En equipos se les proporciona una plantilla para armar un modelo de DNA y una secuencia de 10 pares de bases que deberán copiar en la plantilla, por ejemplo: ATCGGCTATA. Posteriormente a modo de simulación de la replicación deberán escribir la cadena complementaria, es decir, la que tiene las bases opuestas a las originales, por ejemplo: TAGCCGATAT. Por último, armarán el modelo 3D utilizando una plantilla en papel girando las cadenas en forma de hélice (*PDB-101: Learn: Paper Models: DNA*, n.d.). Evaluación formativa en la que se verificará que se tenga la complementación y el modelo armado correctamente (figura 1).

Figura 1. Modelo en papel de DNA.



En la segunda sesión nuevamente se inicia con una explicación del Dogma Central de la Biología Molecular y del código genético. Luego, en equipos, los estudiantes usarán un material didáctico impreso en 3D que les permite simular la traducción del mRNA (*Translation Modeling Activity Remix by Davacruz - Thingiverse*, n.d.) del gen de la insulina, para ello deberán interpretar y aprender a usar el código genético (figura 2). Evaluación formativa que comprueba que la secuencia de aminoácidos y el material estén correctamente ensamblados.

Figura 2. Simulación de la traducción del mRNA del gen de la insulina.




El proceso de traducción se divide en tres etapas:

La síntesis inicial de ARN: A partir del ADN mediante un proceso llamado transcripción, la

En la tercera sesión, con la finalidad de observar las consecuencias que tienen las mutaciones en el DNA en la estructura primaria de las proteínas, trabajaron en un documento colaborativo en el aula en el cual tenían que completar una [tabla](#) con las secuencias del RNA y de aminoácidos obtenidas en la sesión anterior (figura 3). En la misma tabla generaron 5 secuencias de DNA adicionales con mutaciones al azar y las traducirán usando una herramienta online (*ExPASy - Translate Tool*, n.d.) para tal fin. Al final marcaron los efectos de las mutaciones en la secuencia de aminoácidos de la proteína.

Figura 3. Tabla con las secuencias de DNA, generada por los alumnos.

Secuencia aminoácidos



https://docs.google.com/document/d/1W2eImRjmeEIKuG_SuAmz6e-1oe8Uz-zf39pVMe0t7aap-8a7mg

Equipo	secuencia mRNA	secuencia aa	secuencia con mutación	secuencia aa mutación
1	AUGGGCCUUGUAGGCCUUCUUG	MAIWMRLPLVALLAL	ATGGCCCTTGGGATGCGCCCTCTGTACCGGG ACACCTACCCGGGAGAC ATGGCCCTTGGGATGCGCCCTCTGTACCGGG AGACCTACCCGGGAGAC ATGGCCCTTGGGATGCGCCCTCTGTACCGGG ACACCTACCCGGGAGAC ATGGCCCTTGGGATGCGCCCTCTGTACCGGG AGACCTACCCGGGAGAC ATGGCCCTTGGGATGCGCCCTCTGTACCGGG ACACCTACCCGGGAGAC	M AWM R LLYRDTYAEQ
2	CGGGGACUGAGCCAGCCGACGCUUUGUG AACCAACACCUUGUGGGC	RGPDRAAFVNHQLCG	CGGGGACCTGACCCAGCCGACGCUUUGUG AACCAACACCTUUGUGGGC CGGGGACUGAGCCAGCCGACGCUUUGUG AACCAACACCCUUGUGGGC CGGGGACUGAGCCAGCCGACGCUUUGUG AACCAACACCUUGUGGGC CGGGGACUGAGCCAGCCGACGCUUUGUG AACCAACACCCUUGUGGGC CGGGGACUGAGCCAGCCGACGCUUUGUG AACCAACACCUUGUGGGC	RGPDRAAFVNHQLCG RGPDRAAFVNHQLCG RGPDRAAFVNHQLCG RGPDRAAFVNHQLCG RGPDRAAFVNHQLCG
3	AGUUGGACACCUUUGAGAGAUUGAUCAC ACGCCUUCUUGUCCGAAG	SHLVEALYVCGENGF	AGUUGGACCCUUGAGAGAUUGAUCAC ACGCCUUCUUGUCCGAAG AGUUGGACACCUUUGAGAGAUUGAUCAC ACGCCUUCUUGUCCGAAG AGUUGGACCCUUGAGAGAUUGAUCAC ACGCCUUCUUGUCCGAAG AGUUGGACACCUUUGAGAGAUUGAUCAC ACGCCUUCUUGUCCGAAG AGUUGGACCCUUGAGAGAUUGAUCAC ACGCCUUCUUGUCCGAAG AGUUGGACACCUUUGAGAGAUUGAUCAC ACGCCUUCUUGUCCGAAG	S H L L V E A L Y V C G E N G F S V D L R E M D H T L P A F N S V D L R E M D H T L P A F N S V D L R E M D H T L P A F N S V D L R E M D H T L P A F N S V D L R E M D H T L P A F N
4	UUUACACACCCAGACCCGGGGAGGGCAG AGAACUUGCAGUUGGGG	PYTKRTRAEIDLQ	UUUACACACCCAGACCCGGGGAGGGCAG AGAACUUGCAGUUGGGG UUUACACACCCAGACCCGGGGAGGGCAG AGAACUUGCAGUUGGGG UUUACACACCCAGACCCGGGGAGGGCAG AGAACUUGCAGUUGGGG UUUACACACCCAGACCCGGGGAGGGCAG AGAACUUGCAGUUGGGG UUUACACACCCAGACCCGGGGAGGGCAG AGAACUUGCAGUUGGGG	Y T P K T R G R R T C R W Y T P K T R G R R T C R W Y T P K T R G R R T C R W Y T P K T R G R R T C R W Y T P K T R G R R T C R W Y T P K T R G R R T C R W
UUG	GUUACACUUGAGCCCGCCCGGGACCCAGU CCUUGGAGAGUUGGGAGAC	QVELGGGPAQSLQPF	UUUACACACCCAGACCCGGGGAGGGCAG AGAACUUGCAGUUGGGG GAGTGTGAGCTGGCCCGGGCCCTGTGTGCA GGCAGCCTGTGAGCCTTC GAGTGTGAGCTGGCCCGGGCCCTGTGTGCA GGCAGCCTGTGAGCCTTC	Q V E L G G G P A Q S L Q P F Q V E L G G G P A Q S L Q P F Q V E L G G G P A Q S L Q P F

Por último, se les pidió que elaboraran un reporte escrito elaborado colaborativamente donde integraran las actividades y conocimientos adquiridos en las sesiones anteriores. Para este reporte se pidió que consultaran la IA conocida como ChatGPT (*Introducing ChatGPT*, n.d.) con la finalidad de que aclararan dudas acerca de los conceptos solicitados y para la elaboración de ilustraciones lo hicieran con DALLE-2 (*DALL·E 2*, n.d.) otra IA. El reporte escrito se entregó mediante la plataforma Moodle y se evaluó mediante rúbrica.

Conclusiones

En este trabajo se presentó una propuesta didáctica para que el alumnado de la ENP conociera sobre el gen y el DNA, sus componentes y funciones, y cómo se transmite la información genética en los organismos. Para ello, se utilizaron modelos 3D, inteligencia artificial y tecnologías de la información como herramientas de aprendizaje. Se diseñaron actividades que fomentaron el trabajo colaborativo, el

pensamiento crítico y la creatividad de los estudiantes. Se evaluó el impacto de la propuesta en el nivel de conocimiento, interés y actitud de los alumnos hacia la genética.

Los resultados mostraron que la propuesta didáctica fue efectiva para mejorar el aprendizaje de los conceptos genéticos, así como para despertar el interés y la motivación de los alumnos por esta disciplina. Los alumnos valoraron positivamente el uso de modelos 3D, inteligencia artificial y tecnologías de la información como recursos didácticos innovadores y atractivos. Asimismo, se evidenció que el trabajo colaborativo favoreció el intercambio de ideas, la resolución de problemas y la construcción colectiva del conocimiento.

Se concluye que la propuesta didáctica presentada en este trabajo contribuye a la enseñanza y el aprendizaje de la genética en el nivel bachillerato, al ofrecer una metodología activa, participativa y lúdica que integra las nuevas tecnologías. Se resalta la importancia de modelos 3D, inteligencia artificial y tecnologías de la información como medios para facilitar la comprensión de conceptos abstractos y complejos.

Se destaca también el papel de ChatGPT como una herramienta en educación. Sin embargo, su uso puede tener problemas éticos relacionados con la autoría, la calidad y la veracidad de los contenidos generados. Por ejemplo, los estudiantes podrían usar ChatGPT para crear trabajos académicos sin citar la fuente o sin demostrar su propio aprendizaje. Además, los contenidos generados por ChatGPT podrían contener errores, sesgos o información falsa que afecten el conocimiento de los estudiantes. Sin embargo, ChatGPT también puede tener ventajas para la educación, como facilitar el acceso a información y ofrecer una experiencia de aprendizaje interactiva y personalizada, en este sentido el docente debe tener un papel para realimentar el trabajo de del estudiantado.

Referencias bibliográficas

Da Veiga Beltrame, E., Tyrwhitt-Drake, J., Roy, I., Shalaby, R., Suckale, J., y Krummel, D. P. (2017). 3D printing of biomolecular models for research and pedagogy. *Journal of Visualized Experiments*, 2017(121). <https://doi.org/10.3791/55427>

DALL·E 2. (n.d.). Retrieved June 3, 2023, from <https://openai.com/dall-e-2>

Expasy - Translate tool. (n.d.). Retrieved June 3, 2023, from <https://web.expasy.org/translate/>

Introducing ChatGPT. (n.d.). Retrieved June 3, 2023, from <https://openai.com/blog/chatgpt>

Pai, Mr. S. S., B, Mr. G., Moger, Ms. P., y Mahale, Mr. P. (2018). Application of 3D Printing in Education. *International Journal of Computer Applications Technology and Research*, 7(7). <https://doi.org/10.7753/ijcatr0707.1006>

PDB-101: Learn: Paper Models: DNA. (n.d.). Retrieved June 3, 2023, from <https://pdb101.rcsb.org/learn/paper-models/dna>

Translation Modeling Activity remix by davcruz - Thingiverse. (n.d.). Retrieved June 3, 2023, from <https://www.thingiverse.com/thing:5872853>