

Posible aplicación del ADN 3D gigante para la inclusión visual: Construcción y didáctica dentro de museo de historia natural

Mariana Santos Melo
Universidad Federal de Alfenas
marianamelo2707@gmail.com

Luciana Cidilaura Carvalho
Universidad Federal de Alfenas
lucianacidilaura10@gmail.com

Cibele Marli Cação Paiva Gouvêa
Universidad Federal de Alfenas
cibelegouvea@gmail.com

Tereza Cristina Orlando
Universidad Federal de Alfenas
tecrisorlando@gmail.com

Línea temática: Educación Científica en contextos no formales, informales y virtuales.

Modalidad: 2

Resumen

Este trabajo tenía como objetivo difundir el conocimiento sobre el ADN y discutir conceptos de biología molecular y genética en espacios no formales, como el Museo de Historia Natural de la Universidad Federal de Alfenas - MG (BRA). El enfoque didáctico de un ADN gigante no tiene precedentes en Brasil, además de ser formulado para la inclusión de personas con discapacidad visual. El modelo de ADN es de 4m de altura y ha sido desarrollado con materiales reciclables. Se realizaron análisis estadísticos que incluían a los visitantes de la escuela y no escolares a través de cuestionarios. Por último, la elaboración del modelo gigante y su aplicación en las visitas guiadas es uno de los pasos que se podrían dar para una mejor difusión de la ciencia en biología molecular y genética, cobradas desde la educación básica y sigue tan confusas a los estudiantes de educación superior no Brasil.

Palabras clave

Biología Molecular, Inclusión, Material Didáctico, Genética.

Objetivos

El objetivo general de este trabajo fue difundir el conocimiento sobre el ADN y discutir conceptos de biología molecular en espacios no formales. Con este fin, seguimos estos objetivos específicos: 1) Construcción de un modelo gigante de ADN 3D con materiales reciclables tanto para videntes como para personas con discapacidad visual y 2) Discutir

conceptos básicos sobre la estructura del ADN con audiencias no escolares y estudiantes de primaria, EJA y Educación Superior en un entorno museístico.

Marco teórico

EL ADN

La molécula de ADN fue descubierta hace más de 150 años por Johannes F. Miescher, ya la estructura química del ADN sólo fue aclarada a principios de la década de 1890, principalmente por Albrecht Kossel. Sin embargo, la importancia de los ácidos nucleicos no se reconoció hasta finales de 1940, cuando se notó que los genes son ADN (Oliveira, 2009). En 1953, después de compilar informaciones de varios investigadores, como L. Pauling y M. Wilkins, además de las cristalografías de R. Franklin, principalmente la famosa “Picture 51”, finalmente la estructura helicoidal fue descifrada por James Watson y Francis Crick (Oliveira, 2009). Hoy en día, es fácil definir la estructura de la molécula como dos cadenas mantenidas por puentes de hidrógeno, que comparten sus bases nitrogenadas, que aseguran que las bases están dentro de la molécula y el esqueleto de pentosa-fosfato se dirige a la región externa. Dado que el emparejamiento de las bases es único (timina con adenina y citosina con guanina), sabemos fácilmente cómo determinar la secuencia de una cinta de su "cadena hermana" (Oliveira, 2009).

El ácido desoxirribonucleico (ADN) puede variar en longitud según la cantidad de nucleótidos que cada especie tiene, sin embargo, su largura es de 2nm. Se caracterizó como una molécula responsable de transmitir información genética entre células por Frederick Griffith en 1928 (Oliveira, 2009). El ADN se forma a partir de la polimerización de nucleótidos. El esqueleto exterior de la cadena es mantenido por enlaces fosfodiéster que siempre siguen la orientación 3'→ 5', por lo que se obtuvo que son cadenas antiparalelas.

BIOLOGÍA MOLECULAR: ENSIO Y DIDACTICA

Conocer el ADN es esencial para abordar los temas de biología molecular que están en la vida diaria de la población, como la clonación y la terapia génica en los medios de comunicación o alimentos transgénicos (Ferreira & Justi, 2004). En Brasil, el enfoque de la genética en el ciclo de aprendizaje regular se debe a la importancia de un posicionamiento cuidadoso en intervenciones antropológicas como alteraciones genéticas (Ferreira & Justi, 2004). Sin embargo, en el trabajo de estos autores, todos los libros educacionales analizados fueron inadecuados para la enseñanza de la biología molecular. Muchos autores enfatizan la importancia del trabajo práctico con los estudiantes para que los temas abstractos, como los conceptos genéticos y moleculares, se asimilen más fácilmente (Sá & Pereira, 2016; Sepel & Loreto, 2007). La ampliación de las estructuras biológicas estimula los reflejos de tridimensionalidad, pero la mayoría de los estudios publicados sobre material didáctico cubren sólo la biología celular (Stella & Massabni, 2019). Este artículo argumenta que faltan materiales relacionados principalmente con la transcripción y la genética en general.

Oliveira y Marques (2016) comentan la importancia de la correcta preparación de la clase, con el fin de obtener la máxima eficiencia de una propuesta didáctica. La producción de estos modelos utilizando pocos recursos en el aula, además de abaratar la experiencia genera placer en el estudio (Sá & Pereira, 2016). Sin embargo, cualquier modelo propuesto para la enseñanza debe seguir conceptos básicos de la literatura, como el modelo de ADN de origami propuesto por Sepel y Loreto (2007).

Un modelo, desarrollado por Karounias, Papanikolau y Psarreas (2006), sorprende por su tamaño. Fue el primer montaje de la hélice doble gigante 3D construida exclusivamente con materiales reciclables. La publicación del modelo, en un *sitio web*, está llena de comentarios sobre cómo el modelo fue capaz de generar interés en los estudiantes, fomentar el trabajo en equipo, promover el conocimiento de los materiales y permitir la expresión de dudas/opiniones para entender el montaje y las propiedades de la molécula de ADN.

INCLUSIÓN

La educación inclusiva en Brasil es proporcionada por el LDB (LEYE N° 994/96) y las prácticas de inclusión deben existir en las escuelas de manera común, lo que no corresponde a una verdad (Stella & Massabni, 2019).

En el campo de la enseñanza inclusiva, Vaz *et al.* (2013) idearon el proceso de transcripción de ADN y traducción de ARN. Otra obra es la de Paulino y Toyoda (2013) que explican cómo construir un modelo didáctico de ADN para incluir a los estudiantes con discapacidad visual, trabajando con diferentes colores y texturas.

Varios autores como Freitas, Agum y Freitas (2017) y Oliveira y Marques (2016) se ocupan de la importancia de los recursos diferenciados para el aprendizaje efectivo de los estudiantes con necesidades educativas en relación con las ciencias biológicas.

"(...) el uso de modelos didácticos contribuye como facilitador de los contenidos, ya que al poder tocar los modelos ellos [estudiantes] pueden imaginar cómo serían realmente estas estructuras, teniendo en cuenta a los estudiantes con necesidades especiales este tipo de recursos es muy satisfactorio". Traducción libre de los autores basada en Oliveira y Marques (2016, §26).

Metodología

La molécula de ADN fue construida referenciando el modelo de Karounias *et al.* (2006) con adaptaciones para las condiciones brasileñas y necesidades especiales de visión.

Además, todos los materiales fueron diseñado para un fácil manejo, accesibilidad y bajo costo. Los materiales y el proceso de fabricación se describen a continuación:

Para el modelo: 60 latas de aluminio de 350ml; Pinturas en contraste para pintar las latas; 88 tapas rojas de Coca-Cola® 600ml; 30 tapas naranjas de Fanta® de 600ml; 30 botellas PET (600ml), 15 de Coca-Cola® y 15 botellas de Fanta®; 6m de alambre plano; 65cm de tubo de PVC plano.

El primer modelo fue coloreado con papeles de celofán de cuatro colores (azul, rojo, incoloro y verde), pero una reforma reciente coloreó el interior de las botellas con esmalte sintético (4:1 pintura:aguarrás) blanco, teñido con colorante para pintura de látex a base de agua de cuatro colores (azul, púrpura, amarillo y verde).

Otros materiales se utilizan comúnmente para la artesanía como rodillos, alicates, tijeras y cinta adhesiva.

Para ensamblar: Debe colorear las latas para contrastar. A continuación, taladre 2 agujeros en la parte inferior de 30 latas del mismo color y dos agujeros, uno a cada lado, de las otras 30. Intercalar las latas, prestando atención a la posición de las tapas y emparejamiento de las botellas "bases" (Fig. 1).



Figura 1. Fotografía de el emparejamiento de bases de nitrógeno en el ADN gigante 3D montado, donde T - timina (azul), A - adenina (verde), G - guanina (amarillo), C - citosina (morado).

Para el estudio de impacto del modelo, fue ministrado 257 cuestionarios para visitantes no escolares (22) y estudiantes tanto de la red privada (84) como de la enseñanza pública (151) en el municipio de Alfenas - MG (BRA). Las preguntas de los cuestionarios se llevaron a cabo sobre la base de un cartel explicativo que había sido detallado para los visitantes. Recientemente el cartel ha sido reemplazado por cajas de cartón apiladas que se traducirán al Braille en el futuro.

Se escribieron dos cuestionarios (A y B). El cuestionario B se utilizó con estudiantes de pregrado, en el que se hicieron 6 preguntas antes de la explicación y 9 (6 anteriores + 3 evaluando la experiencia) después. El cuestionario A se utilizó para la evaluación cuantitativa, con análisis de varianza y prueba de Tukey, en forma de gráfico y se aplicó a los visitantes de la escuela: estudiantes de primaria y secundaria, EJA (Educación para Jóvenes y Adultos, +18 años en ciclo básico) y visitantes no escolares. 5 preguntas se aplicaron antes y 7 después de la explicación (5 anteriores + 2 evaluando la experiencia).

Resultados

El modelo construido en el Museo de Historia Natural de la Universidad Federal de Alfenas (MG - BRA) tiene 4m de alto y 65cm de ancho. Su forma helicoidal no es fija, ya que no es posible mantener el tubo de PVC retorcido intermitentemente.

El análisis cuantitativo (Fig. 2) utilizó las preguntas 4 del cuestionario A en forma de porcentajes de respuestas correctas antes y después de la explicación. La pregunta 1 no mostró ninguna diferencia significativa ($p > 0.05$), pero las preguntas 2, 3 y 4 experimentaron un aumento significativo en el porcentaje de respuestas correctas después de la explicación ($p < 0.05$). El $p > 0.05$ de la pregunta 1 puede estar relacionada con que la pregunta sea simple, lo que lleva a que casi el 100% del público haya acertado sin ninguna explicación previa.

La pregunta 5 tenía múltiples respuestas correctas, por lo que recibió otro tratamiento analítico. Las respuestas se distribuyeron en 5 clases (escala de Likert), siendo 1 totalmente incorrecta y 5 totalmente correctas. Se llegó a la conclusión de que, aunque $p < 0.05$, esta cuestión no era bien entendido por los visitantes. Esto se debe a que la clase 2 (sólo un acerto) fue la que tuvo el mayor porcentaje de respuestas. Se cree que debido a lo costumbre de tener generalmente una respuesta correcta por pregunta.

Aun así, se percibió un gran aumento en la clase 5, lo que demuestra que gran parte del público entendía que más de una alternativa era correcta; un gran resultado, ya que la pregunta 5 fue "¿quién tiene ADN?", un concepto muy importante y básico para la cultura popular.

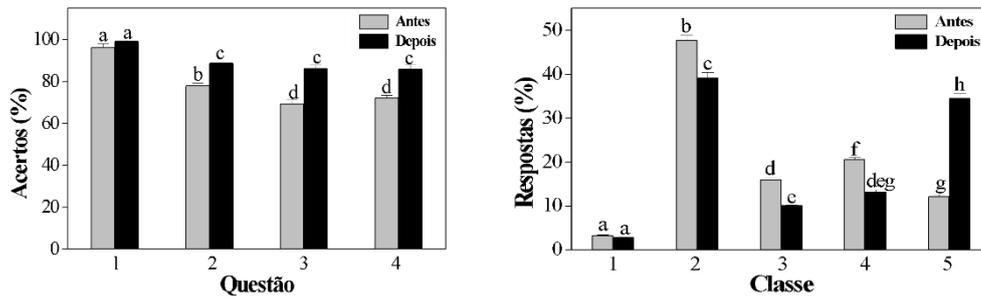


Figura 2. Diagrama (izquierda) Análisis cuantitativo. Diagrama (derecha) Escala de Liekert. Letras diferentes = $p < 0.05$; Prueba de Tukey.

En cuanto a los diferentes grupos cuestionados, los que más mostraron interés eran los estudiantes EJA, aunque sin un análisis formal entre las clases de visitantes. Las dudas que más surgieron, para todos, fueron: prueba de paternidad, relación de ADN con cáncer de piel y ADN de gemelos.

Un estudiante daltónico comentó sobre su dificultad para distinguir el verde y el rojo en el modelo original (con celofán), entendiendo mejor el modelo con las etiquetas. Esto se trabajó en la reforma (intercambio del rojo por púrpura). En el futuro, se cree que sea confeccionada una "leyenda interactiva", es decir, botellas y latas podrán ser tocar (necesidades táctiles) e identificadas con escritura regular y en Braille (necesidades visuales).

Finalmente, en cuanto al cuestionario B, para los estudiantes de pregrado de biología, se percibió una mejor comprensión de conceptos como la ubicación del ADN, quién lo posee y la composición primordial del ADN (nucleótido), además de actualizarlos a respecto de la terminología correcta. Sin embargo, lamentablemente, el modelo aliado a la explicación no corrigió el 100% de los estudiantes de pregrado. Grandes dificultades de los estudiantes universitarios fueron en (1) relación con el reconocimiento de la molécula transmisora de características hereditarias y (2) explicar sobre la igualdad o no del ADN de todos los organismos.

El esclarecimiento del modelo tomó sólo 20 minutos, demostrando que este tiempo no fue suficiente para mejorar significativamente conceptos simples del nivel universitario de biología. La prisa por responder al cuestionario dentro del tiempo puede aumentar el porcentaje de errores. Los conceptos anteriores que los estudiantes enraizaron en sí mismos, como la mala comprensión de la asignatura en la universidad, se pueden utilizar para iniciar explicaciones. Después del análisis, se llegó a la conclusión de que 20 minutos no eran suficientes para cambiar los conceptos incompletos de los estudiantes con una base teórica superior, pero ciertamente despertó la curiosidad de los otros grupos analizados, satisfaciendo la propuesta más amplia del presente estudio.

En aspecto a la satisfacción por la experiencia, sólo 12 personas dejaron de dar sus opiniones, es decir, se analizaron 245 cuestionarios, en los que 83,6% le gustó todo y 16,4% le gustó el uso de materiales reciclables. Como crítica, 35 personas se abstuvieron, 2% se perdió bocadillos, 0,9% habló de la falta de asientos y 83,8% dijo que no había nada de qué quejarse.

Conclusiones

La exposición de la molécula de ADN en el museo, independientemente de la edad y el grado de conocimiento del visitante, fue capaz de añadir conocimiento y despertar curiosidad en los 257 participantes. Este trabajo fue importante para destacar la importancia de los modelos prácticos para fortalecer el contenido teórico. Sin embargo, el proyecto no debe detenerse, ya que sería interesante analizar más a fondo a los estudiantes de la escuela secundaria, para comprender mejor las particularidades de los universitarios que mostraron dificultades para intercambiar sus conceptos incompletos. También se puede pensar en aumentar el tiempo de visita para una mejor discusión de las dudas, así como atender otras deficiencias. Por último, el modelo de ADN gigante construido con materiales reciclables contribuyó significativamente a estimular a los visitantes sobre ciencia y es una herramienta válida y sencilla para la difusión científica.

Bibliografía

Ferreira, P. F. M., & Justi, R. S. (2004). A abordagem do DNA nos livros de biologia e química do ensino médio: Uma análise crítica. *Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.*, volumen(06), 38-50. doi: 10.1590/1983-21172004060104

Freitas, M., Neto, Agum, F. S., & Freitas, M. M., Neto (2017). Construção de um modelo tátil como ferramenta de ensino-aprendizagem das leis de Mendel. En P. A. Castro (Presidencia), *IV CONEDU*, Simposio llevado a cabo en el CEMEP, João Pessoa.

Karounias, D., Papanikolaou, E., & Psarreas, A. (2006). *Modelling the DNA double Helix using recycled materials*. Heidelberg: EIROforum.
<https://www.scienceinschool.org/2006/issue2/dna>

Oliveira, T. G. C., & Marques, R. C. P. (2016). Utilização de modelos didáticos no ensino de biologia e o processo de inclusão na cidade de Apodi-RN. En P. A. Castro (Presidencia), *III CONEDU*, Simposio llevado a cabo en el CEMEP, Natal.

Oliveira, V. D. R. B. (2009). *As dificuldades da contextualização pela história da ciência no ensino de biologia: o episódio da dupla-hélice do DNA* (Tesis de maestría). Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

Paulino, A. L. S., & Toyoda, C. Y. (2013). Molécula de DNA adaptada para alunos com deficiência visual: elaboração, aplicação e avaliação de recurso didático. En E. G. Mendes (Presidencia), *VII CBMEE*, Simposio llevado a cabo en el congreso UEL, Londrina.

Sá, J. R. G., & Pereira, P. E. D. (2016). O estudo da genética no ensino noturno: o uso de modelos didáticos como metodologia inclusiva. En E. G. Onofre (Presidencia), *II CONEDU*, Simposio llevado a cabo en el congreso CEMEP, Campina Grande.

Sepel, L. M. N., & Loreto, E. L. S. (2007). Estrutura do DNA em origami – possibilidades didáticas. *Genética na escola*. Volumen(02), 3-5.



Revista *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*. Año 2021; Número **Extraordinario**. ISSN **2619-3531**. *Memorias V Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias*. 23 y 24 de septiembre de 2021. Modalidad virtual.

Stella, L. F., & Massabni, V. G. (2019). Ensino de Ciências Biológicas: materiais didáticos para alunos com necessidades educativas especiais. *Ciênc. educ. (Bauru)*, volumen(25), 353-374. doi: 10.1590/1516-731320190020006

Vaz, J. M. C. et al. (2013). Material Didático para Ensino de Biologia: Possibilidades de Inclusão. *Revista Brasileira de Pesquisa Em Educação Em Ciências*. Recuperado de <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4243/2808>