

CIRCUITO DC COMO MODELO ANÁLOGO DEL AXÓN

María del Pilar Segarra Alberú, Carlos Alberto Villarreal Rodríguez
Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Departamento de Física

RESUMEN: Se muestra cómo una variedad de acciones basadas en la investigación en didáctica de la física pueden ayudar a revertir la aversión que muchos estudiantes de biología tienen hacia esta ciencia. La utilización explícita de modelos científicos, así como la elaboración de modelos explicativos propios, ayuda a poner a los alumnos en disposición de aprender. A lo largo del semestre, se insiste que la física realiza muchas simplificaciones con la finalidad de elaborar modelos que permitan entender, predecir y explicar diversos fenómenos. Los modelos explicativos realizados en el curso se emplean para explicar algunas situaciones relacionadas con procesos biológicos. En este trabajo se presenta la parte correspondiente a electricidad.

PALABRAS CLAVE: Física para biólogos, modelos, circuitos DC, impulso nervioso

OBJETIVOS: Mejorar la percepción de los estudiantes de primer semestre de biología hacia la física. Usar y construir modelos científicos escolares Promover aprendizajes significativos de la física en esta población, al descubrir su capacidad para.

INTRODUCCIÓN

Es tradicional que los estudiantes de las licenciaturas en biología piensen que tener conocimientos de física, química y matemáticas y no es de utilidad para sus estudios en el área. Este sentir tiene que ver con la forma que en se han venido enseñando dichas disciplinas a esa población. No es difícil encontrar en la literatura críticas a la forma como se enseña tradicionalmente la física y la química a los estudiantes de bachillerato (Solbes, Montserrat, & Furió, 2007) y es fácil suponer que a los estudiantes de biología se les enseña como si fueran ingenieros o físicos (Meredith & Redish, 2013).

Teniendo en cuenta los contenidos estipulados en el programa vigente para la asignatura de física en la carrera de biología y, bajo la suposición de que es una población desmotivada hacia la física, se diseñó un curso para responder a la pregunta: ¿qué es lo más importante de estos temas de física para los futuros biólogos? Se llegó a la hipótesis que la física que requiere esta población de futuros científicos, es la que les ayude a realizar modelos con poder explicativo y predictivo para entender los procesos biológicos.

MARCO TEÓRICO

Se encontraron algunos estudios enfocados a ofrecer un curso más idóneo para estudiantes de biología y ciencias de la salud a nivel universitario. El primer señalamiento, de estas propuestas, es que no puede ser el mismo curso dirigido a biólogos, que el impartido a ingenieros y estudiantes de física; siendo

de suma importancia abordar las necesidades de los estudiantes mediante una cuidadosa selección de temas y aplicaciones relacionadas con la biología (Watkins, Coffey, Redish, & Cooke, 2012). También se señala la importancia de que estos alumnos puedan aplicar la intuición física en problemas relacionados con ciencias de la vida (Crouch & Heller, 2014). Otro tema de reflexión en la investigación fue cómo la actitud de los estudiantes puede variar dependiendo de las tareas y contextos utilizados en clase (Watkins & Elby, 2013), llegando a reconocer que pueden aprender una asignatura que dicen no haber entendido nunca antes.

Para lograr que los estudiantes dieran sentido a sus aprendizajes, se utilizó la modelización como eje transversal del curso (Acher, 2014; Galagovsky & Adúriz-Bravo, 2001; Gutierrez, 2014; Justi, 2007). De acuerdo a la revisión realizada por Gutiérrez (2014) el modelo científico tiene el propósito de describir, explicar y predecir fenómenos naturales y comunicar ideas científicas, por lo que es un instrumento para pensar y comunicarse.

El trabajo en el laboratorio apoyado con simulaciones y la utilización de analogías entre los fenómenos físicos y biológicos, es una constante en el desarrollo del curso. La comprensión conceptual fue considerada de mayor importancia que el manejo matemático de las leyes. Este enfoque responde al encontrado también en Meredith & Bolker (2012) quienes afirman que los ejemplos biológicos que pueden motivar a los estudiantes, no son por sí mismos suficientes para producir un aprendizaje efectivo de la física. Esto debe estar acompañado también por el aprendizaje conceptual, trabajo entre pares y preguntas desafiantes.

El modelo Hodgking & Huxley construido de 1935 a 1952 (explicado en Lamberti y Rodríguez, 2007), predice a través de una serie de ecuaciones, la generación y propagación del potencial de acción en el axón del calamar. En 1939 estos científicos obtienen la primera medición de un potencial de acción que dispara la propagación de un pulso eléctrico que ocupa una zona restringida de la membrana al avanzar, con una velocidad de propagación sustancialmente menor a la de un cable conductor. El frente eléctrico es producido por iones positivos a concentraciones diferentes. En 1949, explican el comportamiento de las principales propiedades de este axón gigante, sin mielina, utilizando como analogía un circuito eléctrico compuesto por un conjunto de resistencias variable y condensadores en paralelo. Aunque este modelo ha sido superado, se sigue manejando para la descripción del fenómeno de excitación nerviosa a escala macroscópica.

En los axones con mielina el potencial de acción se da a saltos, produciéndose únicamente en los nodos de Ranvier, en el resto del axón se considera una conducción pasiva. Por esta razón, se simplifica el modelo de HH a un circuito de corriente directa, que es el que se retoma en las referencias utilizadas en el curso de física para biología.

METODOLOGÍA

La propuesta se ha probado dos veces con alumnos de primer semestre de la carrera de biología. Estos alumnos son colocados en los grupos por sorteo, por lo que se puede considerar que la muestra es representativa de la población; el primer ingreso a la carrera de biología es de 500 alumnos. La edad en ambos grupos osciló de 17 a 21 años, con una moda en los 18 años. En ambos grupos la población fue de 22 estudiantes, constituido en ambos casos por un tercio de hombres y dos tercios de mujeres. El semestre actual (febrero - junio 2017) se está trabajando con un grupo de 20 repetidores con la finalidad de validar la pertinencia de la estrategia en alumnos especialmente desmotivados, que han fracasado una o varias veces en la asignatura de física. La asistencia a clase, de este último grupo, es muy irregular. La población está constituida mayoritariamente por mujeres (cuatro quintos del grupo).

El tema de electromagnetismo se ha abordado en todas las ocasiones como tercer bloque, al final del semestre; ocupando 5 de las 16 semanas. Antes del inicio de cada tema se realiza una evaluación diagnóstica. En el caso de este trabajo se quería conocer, entre otros aspectos, la explicación inicial de la transmisión del impulso nervioso, el papel de la mielina en un axón y el significado de potencial. Los datos de esta evaluación corresponden a dos grupos, uno de primer semestre y al de repetidores, con un total de 32 estudiantes. Llama la atención que la mayor parte de ellos no saben que la materia es neutra. Respecto al impulso nervioso 19 lo describe como transporte de electrones a lo largo de los nervios, 9 no contestan y 5 hacen una descripción correcta de impulso nervioso. Hay confusión entre la función de la mielina y su conductividad eléctrica en 12 estudiantes, 6 estudiantes afirman que es un aislante para evitar la transferencia de electrones y que si esta no existe entonces se producen enfermedades como epilepsia o Alzheimer, llegando uno a afirmar que las neuronas harían un cortocircuito.

En resumen, como saben que el impulso nervioso es eléctrico, lo identifican con un flujo de electrones o simplemente con transporte de energía. Esta descripción puede considerarse como el modelo inicial en la mayoría de los estudiantes, que seguramente nunca se habían planteado estas preguntas explícitamente.

Con la finalidad de tener los elementos para comprender el modelo de impulso nervioso utilizado en biología, se les solicitó leer el capítulo 13 del libro *Physics in Biology and Medicine* (Davidovits, 2013) y sacar una lista de conceptos físicos que necesitaban para entender la transmisión de dicho impulso nervioso. En todo este capítulo se hace hincapié de que muchos procesos vitales involucran fenómenos eléctricos. Realiza una breve discusión sobre el sistema nervioso, la neurona, el potencial eléctrico en el axón, el potencial de acción e introduce el modelo del axón como un circuito eléctrico de corriente directa.

En la discusión grupal, posterior a la lectura, se llegó a reconocer que el concepto de potencial es de suma importancia para entender el fenómeno de formación y transmisión del impulso nervioso, ya que éste no se transmite si no se alcanza un potencial de acción. No se pudo llegar a que dicho impulso corresponde al transporte activo de iones de sodio y potasio, ambos positivos, porque para muchos eso corresponde a una reacción química y no a un fenómeno eléctrico. Para la mayor parte de los estudiantes fue un descubrimiento que la mielina es un aislante que “cubre” al axón, y que es esto lo que facilita la transmisión del impulso nervioso a mayor velocidad. A partir de la lectura y de la discusión grupal quedó patente la necesidad de tener claro el significado de carga eléctrica, potencial y equipotencial y circuito de corriente directa.

Para el diseño de las secuencias, se utilizaron lineamientos proporcionados por la Dra. Rufina Gutiérrez en dos talleres realizados en México en los años 2014 y 2015, donde se trabajaron secuencias de aprendizaje basadas en modelos. La secuencia utilizada con los grupos de biología inicia con unos ejercicios de electrostática que les permiten reconocer la atracción y la repulsión en materiales electrizados, además que la zona alrededor del objeto cargado se comporta de manera distinta al resto. Con esto se introdujo el concepto de campo y se pudo ver que su efecto disminuía con la distancia a la parte cargada electrostáticamente del objeto. De ahí se planteó una actividad para determinar cómo variaba “el potencial” cuando las mediciones se iban realizando progresivamente más lejos de la zona de carga; así se introdujo el concepto de equipotenciales.

Como el modelo HH del axón incluye un circuito de corriente directa con ramas en serie y paralelo se introdujo, a través de las prácticas de laboratorio, la necesidad de un circuito cerrado, así como circuitos DC en serie y paralelo. Este trabajo fue reforzado con el uso del simulador de construcción de circuitos del PhEt, así como ejercicios de tipo cualitativo, para evaluar si podían utilizar el modelo de Ohm en diferentes situaciones. Finalmente se realizó en grupos pequeños un mapa conceptual.

Fue importante tratar de identificar las diferencias entre el modelo físico de corriente directa y el funcionamiento del axón; entre ellas, la velocidad de transmisión de la señal, los portadores de la llamada corriente, y cómo se produce la diferencia de potencial en ambos casos. Esto se logró parcialmente con unos videos de neurofisiología, que ilustran la generación del impulso nervioso.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la evaluación final del bloque se pudo observar, en los dos grupos de primer semestre, que llegaron a concluir que el axón tiene una función análoga a los conductores en los circuitos y es el responsable de la transmisión de la información a lo largo de la neurona. No se llegó a diferenciar los límites de validez de la analogía, únicamente se tiene evidencia de que conocían la diferencia en la velocidad de transmisión de ambas señales. Este punto debe ser abordado explícitamente en la aplicación que se está llevando a cabo. El análisis de datos muestra que la lectura del Davidovits resultó muy complicada para el nivel de conocimientos de los estudiantes.

Como parte de la evaluación del tema se utilizó, al finalizar el curso, el cuestionario presentado por Periago y Bohigas (2005) en un estudio realizado con estudiantes de segundo curso de ingeniería. Este cuestionario fue contestado únicamente por 14 estudiantes. En él los estudiantes de biología manifiestan una comprensión alta del significado de potencial eléctrico, superando en respuestas correctas, a los estudiantes de ingeniería, en 6 de las 9 preguntas. Al ser una muestra tan pequeña es difícil llegar a conclusiones, por lo que se insistirá en la aplicación del cuestionario al grupo actual.

Otra evidencia de éxito del diseño está en la alta asistencia a clase en los dos grupos de primer ingreso, así como el tipo de preguntas realizadas por los alumnos. Los estudiantes dicen, en una encuesta anónima, haber logrado ver la física con otros ojos. Esto significa que cambió el concepto que tenían respecto a la física y se logró abatir su desinterés.

BIBLIOGRAFÍA

- ACHER, A. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. *TED*, 36, 63–76.
- Bohigas, X., & Periago, M. C. (2010). Modelos mentales alternativos de los alumnos de segundo curso de ingeniería sobre la Ley de Coulomb y el campo eléctrico. *Revista Electronica de Investigacion Educativa*, 12, 1–19.
- CROUCH, C. H., & HELLER, K. (2014). Introductory physics in biological context: An approach to improve introductory physics for life science students. *American Journal of Physics*, 82(5), 378–386. <http://doi.org/10.1119/1.4870079>
- DAVIDOVITS, P. (2013). *Physics in biology and medicine*. 4th edition, Academic Press. USA
- DYER, J. M. (2014). Bridging Physics and Biology Using Resistance and Axons. *The Physics Teacher*, 52(8), 466–469. <http://doi.org/10.1119/1.4897581>
- GALAGOVSKY, L., & ADÚRIZ-BRAVO, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico análogo. *Enseñanza de Las Ciencias*, 19(2), 231–242. Retrieved from <http://ddd.uab.cat/record/1527>
- GUTIERREZ, R. (2014). Lo que los profesores de ciencia conocen y necesitan conocer acerca de los modelos. Aproximaciones y alternativas. *Bio-Grafía*, 7(13), 37–66.
- HOBIE, R. K. (1973). Nerve Conduction in the Pre-Medical Physics Course. *American Journal of Physics*, 41(10), 1176. <http://doi.org/10.1119/1.1987510>
- JUSTI, R. (2007). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 24(2), 173–184. Retrieved from <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/75824>
- LAMBERTI, P. W., & RODRÍGUEZ, V. (2007). Desarrollo del modelo matemático de Hodgkin y Huxley en neurociencias. *Electroneurobiología*, 15(4), 31–60.
- MEREDITH, D. C., & BOLKER, J. A. (2012). Rounding off the cow: Challenges and successes in an interdisciplinary physics course for life science students. *American Journal of Physics*, 80(10), 913. <http://doi.org/10.1119/1.4733357>

- MEREDITH, D. C., & REDISH, E. F. (2013). Reinventing physics for life-sciences majors. *Physics Today*, 66(7), 38. <http://doi.org/10.1063/PT.3.2046>
- PERIAGO, M. C., & BOHIGAS, X. (2005). Persistencia de las ideas previas sobre potencial eléctrico, intensidad de corriente y ley de Ohm en los estudiantes de segundo curso de Ingeniería. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 7(2), 1–23. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=20046935&lang=es&site=ehost-live>
- SOLBES, J., MONTSERRAT, R., & FURIÓ, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de Las Ciencias Experimentales Y Sociales*, 21, 91–117. <http://doi.org/10.7203/dces..2428>
- WATKINS, J., COFFEY, J. E., REDISH, E. F., & COOKE, T. J. (2012). Disciplinary authenticity: Enriching the reforms of introductory physics courses for life-science students. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8(1). <http://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.8.010112>
- WATKINS, J., & ELBY, A. (2013). Context dependence of students' views about the role of equations in understanding biology. *CBE Life Sciences Education*, 12(2), 274–286. <http://doi.org/10.1187/cbe.12-11-0185>.

