

EL USO DE ANALOGÍAS PARA ENSEÑAR BIOFÍSICA EN UN CURSO UNIVERSITARIO DE PRIMER AÑO

THE USE OF ANALOGIES TO TEACH BIOPHYSICS IN A FIRST YEAR UNIVERSITY COURSE

Jorge Sztrajman¹

Introducción

En este trabajo relatamos el empleo de analogías la asignatura Biofísica, correspondiente al Ciclo Básico Común, primer año de carreras biomédicas de la Universidad de Buenos Aires, con el fin de mejorar la comprensión de ciertos conceptos que, según nuestra experiencia, resultan de gran complejidad para los estudiantes y que, muchas veces, conducen al fracaso en las evaluaciones que realizamos en nuestros cursos.

Las clases suelen resultar muy numerosas; cada curso puede contar con más de 100 estudiantes que provienen de instituciones de enseñanza media de características muy variadas, por lo que el nivel de conocimientos previos con que llegan los alumnos resulta muy heterogéneo. La asignatura Biofísica es cursada por quienes ingresan a las carreras de Medicina, Odontología, Farmacia y Bioquímica, Agronomía y Veterinaria. En ella se desarrolla una gran cantidad de contenidos, como mecánica, fluidos, fenómenos de transporte, calor, termodinámica y electricidad, algunos de los cuales implican una distancia conceptual importante respecto de los temas tratados durante la escuela secundaria (o enseñanza media). Frente al desafío que implica para los docentes abordar estos temas en un tiempo muy escaso (6 horas semanales durante un cuatrimestre), en cursos muy numerosos -como ya mencionamos- lo que dificulta un trabajo individualizado con los estudiantes, desde hace algunos años nos abocamos a la tarea de implementar algunas estrategias didácticas para mejorar la comprensión de ciertos contenidos de biofísica que, según nuestra propia experiencia, resultaban particularmente difíciles para nuestros estudiantes.



¹ Departamento de Ciencias Exactas. Ciclo Básico Común, Universidad de Buenos Aires. Correo : jsztraj@gmail.com

En este trabajo relatamos el uso de dos analogías para explicar los contenidos de: presión osmótica y transmisión del impulso nervioso.

El empleo de analogías ha sido una herramienta muy importante en el desarrollo de la ciencia en todas las épocas (Acevedo Díaz, 2004). Por ejemplo, la palabra *célula* (celda pequeña) fue introducida por Robert Hookes (1665) hace más de siglos al comparar los compartimientos de los tejidos vegetales que veía al microscopio, con las celdas de un panal, o de un monasterio. Además, las analogías fueron empleadas desde hace mucho tiempo con fines educativos, como por ejemplo cuando se análogo la corriente eléctrica con el flujo de agua (Lodge, 1889). En los últimos 30 años se ha desarrollado un creciente interés en el empleo de analogías en la didáctica de las ciencias naturales (Linares, 2002). Su valor en la enseñanza reside en que facilita la comprensión de un dominio nuevo a partir de otro más familiar o conocido (Dagher, 1995). Incluso, algunos autores postulan que toda nuestra estructura de pensamiento se basa en analogías y metáforas (Lakoff y Johnson, 1998). Linares e Izquierdo Aymerich (2006) hacen una buena descripción de la diferencia entre analogías, símiles y metáforas, así como un detalle de beneficios y peligros en el uso didáctico de analogías en ciencias naturales. Hemos seguido las sugerencias de esas autoras para la construcción de actividades que implican el uso de analogías en nuestro trabajo en el aula.



Una analogía para la ósmosis

Uno de los conceptos que resulta muy difícil de comprender para nuestro alumnado es el de presión osmótica: los problemas que tratan de ese tema suelen ser lo más reprobados en los exámenes. Uno de los motivos puede deberse a que es un fenómeno cuyos fundamentos solo pueden entenderse a un nivel molecular, y ello se encuentra alejado de la experiencia sensible de nuestros estudiantes.

En relación con los libros de texto de nivel universitario a los que tienen acceso nuestros estudiantes, el concepto de presión osmótica se explica de maneras muy diferentes. En algunos de estos textos (Kane y Sternheim, 1998; Cussó et al., 2004) se alude a la “diferencia de concentración de agua” a ambos lados de una membrana. Esta idea puede resultar desconcertante, puesto que previamente trabajamos con la idea de que en una solución el número de moléculas de agua por unidad de volumen es independiente de la concentración de soluto. En otros textos (por ejemplo, Landau y Lifschitz, 2008) se emplea el concepto de potencial químico

para explicar la ósmosis, resultando ser un enfoque poco accesible para estudiantes de primer año de la universidad.

En nuestro trabajo en el aula, hemos encontrado que una analogía útil para dar cuenta del fenómeno de la presión osmótica resultó de la explicación del funcionamiento de una cafetera de émbolo. El objetivo es que el uso de un análogo como este, más familiar para los estudiantes, facilite la comprensión de que la presión osmótica proviene de los choques de las moléculas de soluto contra una membrana semipermeable que dichas moléculas no pueden atravesar.

El sistema que usamos para la analogía consiste básicamente en un vaso cilíndrico en el que se coloca agua. Luego se ejerce presión sobre un émbolo que contiene una malla por la que puede pasar el líquido.

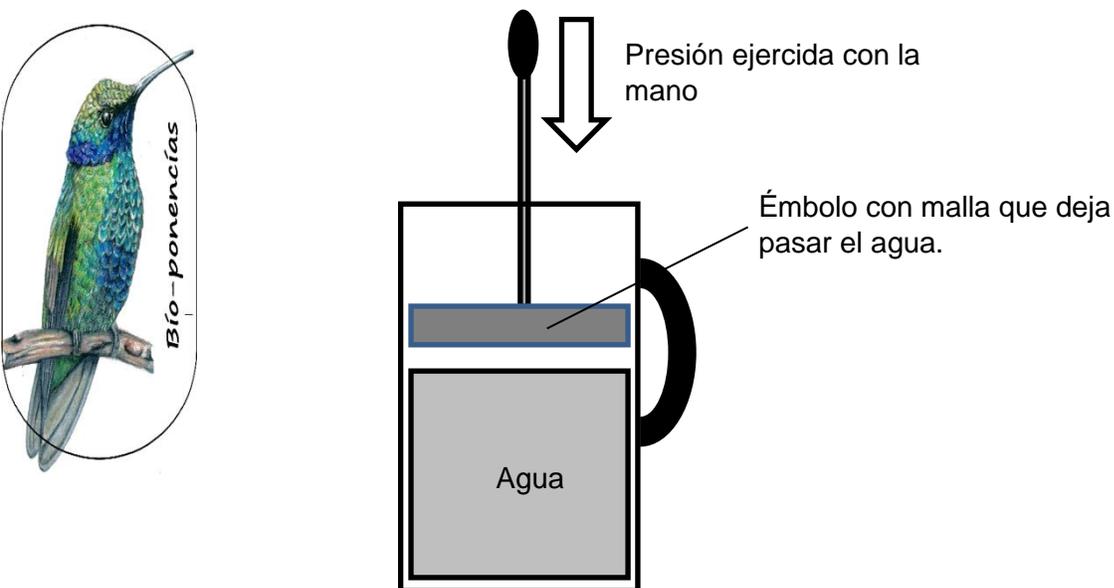


Figura 1. En este modelo analógico, la presión ejercida con la mano sobre el émbolo se transmite al líquido inferior, y es esa presión la que produce la transferencia de agua hacia arriba.

En el sistema que presentamos, la presión de la mano es análoga a la presión ejercida por las moléculas de soluto en una solución contra una membrana semipermeable. Dicha presión se transmite al líquido que se encuentra del otro lado de la membrana, produciendo el pasaje de agua hacia arriba. En los sistemas conformados por membranas semipermeables, como por ejemplo las células y otros sistemas biológicos, consideramos dos compartimientos que contienen uno solo

agua, a la izquierda, y el otro una solución acuosa, a la derecha, ambos separados por una membrana solo permeable al agua, pero no al soluto:

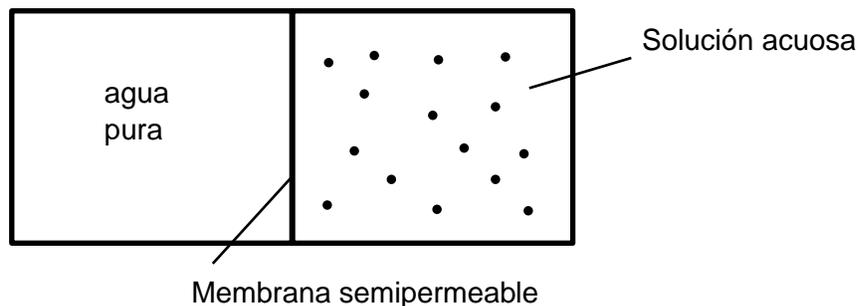


Figura 2. Modelo osmótico. Dos compartimentos separados por una membrana semipermeable.



Las moléculas de soluto y las de agua se hallan en constante movimiento al azar y, por esa razón, golpean contra las paredes de la membrana. Las moléculas de soluto no pueden atravesar la membrana y, al rebotar, ejercen una presión que podemos analogar con la presión que ejerce el émbolo de la cafetera sobre la mezcla. Entonces, la presión ejercida sobre por el soluto sobre la membrana se transmite al agua pura que está a la izquierda. Esta presión, que adquiere el agua pura como consecuencia de los choques del soluto que está a la derecha, es la causa de que el agua pura comience a pasar hacia la derecha. En esto consiste el fenómeno osmótico y la presión ejercida por las moléculas de soluto de la derecha es lo que llamamos presión osmótica. Es interesante notar que el agua está pasando desde la región de *menor* presión osmótica hacia la región de *mayor* presión osmótica.

En nuestras aulas, una vez explicado el modelo analógico, los estudiantes rápidamente pueden inferir cómo es el comportamiento del agua en la cafetera. Luego se procede a plantear la nueva situación, es decir, la que se da en los sistemas biológicos, en los cuales se está en presencia de dos soluciones de distinta concentración separadas por una membrana semipermeable.

Al finalizar la actividad los estudiantes son capaces de anticipar el comportamiento del sistema; es decir, cómo será el sentido del flujo de agua en él y en qué consiste la presión osmótica, por analogía con el sistema anterior.

Una analogía para la conducción del impulso nervioso

Otro tema que ha mostrado ser de difícil comprensión para nuestro alumnado es el del mecanismo de propagación del impulso nervioso. Esta propagación, en axones mielinizados, se suele considerar como una corriente eléctrica a través del axoplasma, la parte interna del axón, que va polarizando la vaina de mielina que lo recubre, en un proceso conocido como propagación del *potencial de acción* (ver, por ejemplo, Kane y Sternheim, op. cit.). La mielina se ve interrumpida, regularmente, en sitios (nodos de Ranvier) en los que se realiza el intercambio iónico típico del potencial de acción.

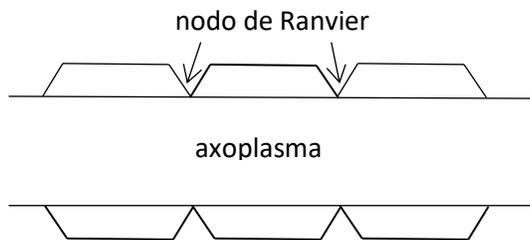


Figura 3. Representación de un segmento de axón mielinizado.

El modelo con que se suele representar en los libros de texto esta propagación es el de resistencias eléctricas para el axoplasma y capacidades eléctricas para la capa de mielina, en forma de un circuito con resistores y capacitores:

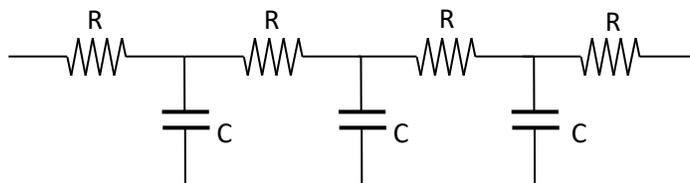


Figura 4. Modelo eléctrico del axón mielinizado.

En este modelo, el impulso nervioso consiste en una corriente eléctrica que va cargando cada capacitor. La señal no continúa su viaje hasta que cada capacitor adquiere el potencial suficiente para alimentar la parte del circuito que sigue. Esto intenta representar la situación en la que cada nodo de Ranvier debe esperar hasta alcanzar el potencial umbral para que se dispare el potencial de acción. Es posible demostrar que la velocidad de propagación del impulso resulta inversamente proporcional a la resistencia R del axoplasma entre dos nodos y a la capacidad C que presenta la capa de mielina entre ellos:



$$v \sim \frac{1}{RC}$$

Aunque este modelo eléctrico explica razonablemente el comportamiento del impulso nervioso, suele estar muy alejado de los conocimientos con los que nuestros alumnos llegan a nuestras aulas. Por un lado, debido a los recursos matemáticos necesarios para su comprensión y, por otro, al carácter complejo de los conceptos eléctricos. Por ese motivo, hemos recurrido a una analogía con la conducción de un fluido, para mejorar su comprensión.

Analogamos al axón con una tubería que conduce un fluido viscoso. Con el objetivo de representar el adecuado retardo del impulso nervioso, introducimos, cada cierta distancia, unas cavidades que deben ser llenadas con el fluido:

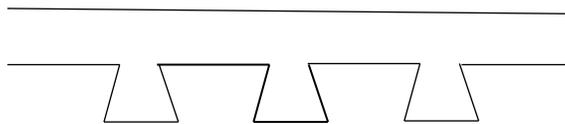


Figura 5. Analogía mecánica del axón como un tubo con cavidades por el que viaja un fluido viscoso.

Lo primero que se ve en esta analogía es que hay un retardo debido a la *resistencia* viscosa del fluido, la cual es análoga a la resistencia eléctrica del axoplasma. Además, cuando el fluido avanza y comienza a llenar una de las cavidades, no puede continuar hasta que la llena por completo. Es importante notar que a mayor volumen de las cavidades, más tardan en llenarse y más lentamente viaja el fluido. Así, la velocidad de conducción resulta inversamente proporcional a la “capacidad”, es decir al volumen, de las cavidades. Esto facilita entender, de una manera más próxima a la experiencia sensible de los estudiantes, por qué en el modelo eléctrico, a una mayor capacidad corresponde menor velocidad del impulso nervioso.

Una vez explicado el modelo análogo, el del fluido, y explicado el funcionamiento del modelo eléctrico del axón, se les pide a los alumnos que, dados los elementos del análogo, completen la siguiente tabla:

Tabla 1. Correspondencia analógica para la conducción del impulso nervioso.

Modelo analógico	Modelo eléctrico
resistencia viscosa	
caudal de fluido	
velocidad del fluido	
volumen de las cavidades	
llenado de las cavidades	
tubo más delgado	
cavidad más grande	

En nuestras clases, hemos visto que los alumnos son capaces de relacionar los conceptos del modelo analógico con los del modelo eléctrico. A la vez, notamos una mejora en el resultado de las evaluaciones, en los problemas relacionados con este tema.

Bibliografía

- ACEVEDO DIAZ, J. A. (2004). *El papel de las analogías en la creatividad de los científicos: la teoría del campo electromagnético de Maxwell como caso paradigmático de la historia de las ciencias*. Eureka, 1(3): 188-205.
- COUSSÓ, F., López, C. y Villar, R. (2004). *Física de los procesos biológicos*. Barcelona: Ariel.
- DAGHER, Z. (1995). *Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education*. Science Education, 79(3), 295-312.
- HOOKES, R. (1665). *Micrographia*, London: Royal Society.
- KANE, J.W. y Sternheim, M.M. (1998). *Física*. Barcelona: Reverté.
- LAKOFF, G. y JOHNSON, M. (1998). *Metáforas de la vida cotidiana*. 4ta. edición. Madrid: Cátedra.
- LANDAU, L. D. y LIFSCHITZ, E. M. (2008). *Física estadística*. Barcelona: Reverté.
- LINARES, R. M. (2002). *Análisis sobre el uso de las analogías en los cursos del Departamento de Química de la Universidad del Valle*. (Bellotera: UAB).
- LINARES, R. e IZQUIERDO AYMERICH, M. *El rescate de la princesa encerrada en lo más alto de la más alta torre. Un episodio para aprender de analogías, metáforas y símiles*. El hombre y la maquina 27, 24-37.
- LODGE, O. J. (1889) *Modern Views on Electricity I*. New York: McMillan & Co, 54-62.

