**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.

# Respuestas a estímulos en seres vivos. Construcción de modelos explicativas en situaciones ficticias, por estudiantes de Profesorado.

Nazira Píriz Giménez
Instituto de Profesores "Artigas", Consejo de Formación en Educación
napiriz@anep.edu.uy

Lydia Galagovsky
Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
lydia.galagovsky@gmail.com

**Línea temática:** Didáctica de las Ciencias Naturales en la Educación Superior
**Modalidad:** 2

## Resumen

Una de las características de los seres vivos es la capacidad de responder a estímulos, lo que implica diversos mecanismos de señalización celular incluyendo el disparo de potenciales de acción. Diversos autores plantean dificultades de los estudiantes para usar explicaciones científicas sobre dichos mecanismos (González, 2016; Cortés, 2013).

Este trabajo presenta una situación didáctica donde los estudiantes elaboran un modelo explicativo de respuestas a estímulos, de seres vivos ficticios, presentados en instantes de la película Avatar®. La actividad resultó interesante y desafiante para los estudiantes. Los resultados muestran que las situaciones ficticias permiten la contextualización del potencial de acción como mecanismo implicado en respuestas a estímulos en seres vivos, permite jerarquizar el vínculo entre estructura y función, relacionar contenidos de diversas asignaturas y con la vida cotidiana, entre otros beneficios.

## Palabras clave

Modelización sobre respuestas de seres vivos a estímulos, potencial de acción, situaciones ficticias como disparadores didácticos.

## Introducción

Una de las propiedades que caracteriza a los seres vivos es la capacidad de responder a estímulos. Dicha capacidad se hace posible gracias a diversos mecanismos de señalización celular. Tanto en organismos unicelulares como pluricelulares, la generación, recepción y transducción de señales permite cumplir con diversas funciones incluyendo la respuesta a cambios ambientales que hacen

posible la supervivencia (Alberts, 2006, p.533 y 534; Cooper, 2006, p.541). La señalización celular incluye procesos químicos y físicos, y dentro de estos últimos se destacan las respuestas eléctricas de las membranas celulares. Éstas se clasifican en dos categorías: *electrotonos* (también denominadas por sus propiedades como respuestas graduadas, locales o pasivas); y *potenciales de acción* (con propiedades particulares como: presencia de umbral, carácter todo o nada, refractariedad, propagación sin decremento).
Dentro de los electrotonos se destacan el potencial receptor (generado en la transducción sensorial de diversos organismos) y el potencial sináptico (registrado en la membrana postsináptica en sinapsis químicas).
La propiedad de las células de disparar potenciales de acción se conoce con el nombre de excitabilidad y ha sido verificada tanto en organismos unicelulares como pluricelulares y en diversidad de tejidos. Múltiples respuestas a estímulos en seres vivos incluyen en sus mecanismos la generación de potenciales de acción. Entre ellas, la respuesta evasiva en *Paramecium* y el cierre de hojas en la planta *Mimosa pudica*. En animales se ha confirmado el disparo de potenciales de acción en células endócrinas (como en la liberación de insulina por células β pancreáticas) y por células intersticiales de Cajal tanto en el tracto digestivo como urinario de mamíferos (dando lugar al peristaltismo).
De esta manera la excitabilidad constituye una propiedad que a diferencia de lo que se aceptaba en el ámbito científico hace algunas décadas, no se limita a los tejidos animales y dentro de ellos, no se limita a los tejidos muscular y nervioso (Cingolani y Houssay, 2006; Kandel et al., 1991; Latorre et al., 1996; Píriz N., 2016). La diversidad de organismos en los que se verifican respuestas a estímulos mediadas por potenciales de acción, jerarquiza su estudio en la enseñanza de las ciencias biológicas a nivel superior, permitiendo además su contextualización en una de las propiedades que caracterizan a los seres vivos.

Desde el punto de vista didáctico, diversos autores han planteado algunas dificultades en la enseñanza del potencial de acción. Entre ellas destacamos la dificultad en su conceptualización como entidad abstracta (Píriz, Tucci, Lezama y Terevinto, 2016) y la inclusión errónea de la bomba de sodio y potasio en sus bases moleculares (Píriz, Tucci y López, 2018; Píriz, Tucci, Lezama, Rattín y López, 2016). Adicionalmente, diversos autores señalan algunos problemas en la enseñanza de este tópico como ser su abordaje meramente descriptivo y su enseñanza descontextualizada (González, 2016; Cortés, 2013). Dichos autores concuerdan en la dificultad por parte de los estudiantes de relacionar el conocimiento con el contexto, y de lograr a partir de la respuesta a estímulos de los seres vivos, una explicación científica de los mecanismos implicados. Esta dificultad pone al descubierto la necesidad de mayor investigación didáctica sobre la construcción de modelos explicativos (Galagovsky, 2008; Galagovsky, 2011; Greco y Galagovsky, 2009) por parte del estudiantado, en estas temáticas.

En las ciencias fácticas como las biológicas, la actividad científica construye sistemas simplificados del sistema real que pretende estudiar, y que consisten en entidades abstractas denominadas “modelos” del sistema real (Lombardi, 1998). Dichos modelos científicos distan de *modelos apropiados para aprender* (Izquierdo, 2007). Por su parte, Díaz Guevara et al. (2019), expresan que los estudiantes tienen sus propios *modelos intuitivos* que reconstruyen dando lugar a *modelos intermedios* que permitirán un modelo conceptual apropiado.

Retomando el planteo de González (2016) y Cortés (2013) se elige como problema de investigación, la dificultad de los estudiantes de contextualizar el potencial de acción como mecanismo que permite la respuesta a estímulos en seres vivos (y que en este trabajo denominaremos *respuesta macroscópica* para diferenciarla de las respuestas eléctricas de las membranas celulares). Lograr en los estudiantes este tipo de respuesta modelizadora, luego de la enseñanza de ejemplos científicos de mecanismos a respuestas macroscópicas ya descriptas, conlleva la dificultad esperable de que los estudiantes busquen información en diversas fuentes –como libros o internet- y se limiten a transcribir dicha información, sin una producción propia. Para evitar esta situación, la estrategia elegida fue partir de situaciones ficticias tomadas de escenas de películas, que podrían resultar contextos didácticos disparadores para la generación de modelos interpretativos idiosincrásicos. Esas modelizaciones idiosincrásicas incluirían conceptos sostén auxiliares para analogar, mediante estrategias metacognitivas y alcanzar un aprendizaje sustentable (Greco y Galagovsky, 2009) de los elementos teóricos involucrados en el mecanismo biofísico de *potencial de acción*, que había sido previamente enseñado.
El objetivo de este trabajo fue nalizar las potencialidades de la construcción de modelos idiosincrásicos explicativos sobre los mecanismos implicados en respuestas a estímulos en seres vivos, a partir de situaciones ficticias como disparadores didácticos, en estudiantes de Profesorado de Ciencias biológicas.

## Materiales y métodos

Se trata de una investigación didáctica cualitativa que estudia la construcción colectiva por parte de estudiantes de modelos explicativos (Galagovsky, 2008; Galagovsky, 2011) de respuestas a estímulos en seres vivos, a partir de situaciones ficticias.
En esta oportunidad se presentan los resultados de una primera experiencia piloto desarrollada en un curso de primer año de la carrera de Profesorado en Ciencias biológicas de la modalidad Semipresencial de Profesorado. La secuencia didáctica incluyó la observación de videos de diversas respuestas biológicas macroscópicas, el diseño de actividades experimentales, el trabajo con simuladores y la resolución de diversos problemas. Finalmente, se propuso en un encuentro presencial, la observación de dos escenas de la película Avatar, y se solicitó a los estudiantes que elaboraran un modelo explicativo de los procesos que allí observaban, a partir de lo estudiado en el curso.

En el video A se observa una reacción de movimiento que podría corresponder al cierre de hojas en plantas, ante un estímulo mecánico. Se destaca que ante un primer estímulo (el avatar toca con su mano una hoja) se cierra una única “hoja”, y ante un segundo estímulo la respuesta se propaga a otras “hojas” (u organismos) con una respuesta múltiple.

En el video B se observan reacciones de bioluminiscencia en lo que podrían ser seres vivos adheridos al piso del tipo “musgos”, también ante estímulos mecánicos. Hay una luminiscencia basal que se incrementa con los estímulos y se propaga a zonas vecinas. En estas últimas la luminiscencia se atenúa con el cese del estímulo.

La elección de dichas escenas se fundamentó en que muestra respuestas macroscópicas rápidas y propagadas, que podrían explicarse por mecanismos que incluyen la generación de potenciales de acción, su propagación, y conceptos tales como refractariedad así como diferentes propiedades de respuestas graduadas y potenciales de acción.
La instancia de trabajo colaborativo de los estudiantes (8 estudiantes en un único grupo de trabajo) tuvo una duración de 2 horas reloj, durante las que se grabó el audio de los intercambios que posteriormente se desgrabaron y analizaron mediante análisis de contenido.

**Resultados y análisis**

La actividad presencial se desarrolló en dos etapas. En la primera se propuso una "lluvia de ideas" en las que los estudiantes debían proponer conceptos/términos/modelos con los que relacionaran lo observado en los videos. En la segunda etapa se les solicitó que elaboraran una tabla con tres columnas. En la primera columna colocarían los términos y expresiones que fueron surgiendo, en base a las enseñanzas previas que recibieron, y en las restantes columnas las observaciones de los videos con las que hubieran relacionado dichos términos, discriminando una columna para cada video (Greco y Galagovsky, 2009).

En la lluvia de ideas surgieron términos y expresiones como: potencial de acción; electrotono; estímulo-respuesta; propagación; propagación sin decremento; propagación con decremento; umbral; receptor sensorial; potencial receptor; transducción sensorial; adaptación sensorial; acoplamiento excito-contractor; duración; amplitud; sumación.
En la segunda etapa los estudiantes elaboraron una tabla que por razones de espacio en el presente trabajo se presenta en forma parcial. En la discusión se jerarquizaron las categorías: "estímulo-respuesta", "propagación" y "transducción sensorial", en vistas del dispositivo didáctico disparador, su vinculación en los modelos elaborados por los estudiantes.

| Conceptos /términos | Observaciones video A | Observaciones video B |
|---|---|---|
| Estímulo – respuesta | Se aplican dos estímulos.<br>El estímulo es mecánico.<br>Respuesta visible mecánica.<br>Primer estímulo genera una respuesta única (cierre de una sóla planta), segundo estímulo: respuesta múltiple.<br><br>El segundo estímulo genera una respuesta propagada.<br><br>La respuesta motora persiste, no se observa su reversión. | Se aplica un único estímulo.<br>El estímulo es mecánico.<br>Respuesta visible lumínica.<br>El estímulo intensifica respuesta bioluminiscente (hay una bioluminiscencia basal).<br>El cese del estímulo reduce la luminosidad en zonas en las que no se aplicó el estímulo.<br>Hay una graduación en la persistencia en el tiempo de la respuesta lumínica, de manera que en el lugar en que se aplicó el estímulo mecánico, la respuesta persiste más tiempo.<br>El estímulo desencadena una respuesta que se propaga. |

Tabla 1.- Algunos de los términos propuestos por los estudiantes (primer columna) y observaciones de videos con las que los vincularon (segunda y tercer columna).

En primer lugar se destaca que los términos "potencial de acción" y "electrotono" surgieron en forma inmediata a la observación de los videos. Esto sugiere que los estudiantes conceptualizan a dichas respuestas eléctricas de las membranas celulares como parte de los mecanismos implicados en respuestas macroscópicas similares a las ficticias observadas en los videos. Dentro de las argumentaciones plantearon la rapidez en las respuestas macroscópicas y las distancias que recorren. Esto dio lugar a discutir diferencias entre electrotono y potencial de acción y sus propiedades, en particular la propagación con decremento del primero y sin decremento del segundo, relacionado con el tamaño de las plantas del video A y las distancias que recorren dichas respuestas.

Con respecto al video A, de los intercambios surgieron dos posturas sugiriéndose que trabajen en grupos elaborando dos modelos diferentes que denominamos "Modelo mixto" y "Modelo de excitabilidad" para facilitar su cita. El modelo mixto propuso que las hojas visibles formen parte de un único organismo y estarían conectadas por debajo del suelo. Propuso además que el primer estímulo desencadene una respuesta graduada que se propague por una única hoja. El segundo estímulo produciría una segunda respuesta graduada que se sumaría a la primera disparando un potencial de acción que se propagaría sin decremento por el resto de las hojas, determinando que todas ellas se cierren. El modelo de excitabilidad propuso que las hojas visibles corresponderían a órganos diferentes de un mismo organismo separados por sinapsis químicas en las que se liberen neurotransmisores. Este modelo propuso que si bien el primer estímulo daría lugar a una respuesta electrotónica correspondiente a un potencial receptor, éste desencadenaría un potencial de acción que se propagaría a toda la hoja, liberándose determinada cantidad de neurotransmisor en la hendidura sináptica con las hojas vecinas. El segundo estímulo desencadenaría un nuevo potencial de acción con nueva liberación de neurotransmisor que se sumaría a la liberación anterior, generando en las hojas vecinas potenciales sinápticos que dispararían nuevos potenciales de acción con la propagación de la respuesta macroscópica.

Otros contenidos sobre los que se intercambió fueron sobre la recepción y transducción sensorial como primer mecanismo que desencadena cualquier respuesta en seres vivos. También se discutió su relevancia en el mantenimiento de la vida como característica propia de los seres vivos. Se señaló el acoplamiento excito-contractor como proceso que ejemplifica el vínculo entre el estímulo y la respuesta, proponiendo similitudes con las situaciones analizadas. Dentro de los mecanismos implicados en el video B, los estudiantes buscaron información y propusieron un mecanismo químico similar al que se da por la luciferina en diversos organismos acuáticos.

## Conclusiones

La reflexión metacognitiva, proveniente de la construcción de modelos explicativos sobre situaciones ficticias en las que se muestran respuestas a estímulos en seres vivos, permitió que estudiantes de Profesorado de Ciencias biológicas pudieran evidenciar y potenciar aprendizajes previos sobre contenidos científicos acerca de mecanismos biofísicos de *potencial de acción*.
De las desgrabaciones de las discusiones surgidas en clase pudieron detectarse las siguientes competencias logradas por estudiantes:

- Proponer en primer lugar estructuras y relaciones estructurales que permitan explicar los mecanismos subyacentes a respuestas macroscópicas.
- Comparar las situaciones ficticias con experiencias personales no sólo para explicar las primeras sino también para comprender las segundas.
- Plantear respuestas macroscópicas desde una perspectiva más amplia respecto de los beneficios evolutivos para los organismos implicados.
- Motivar para vincular los contenidos con otros ejemplos, vistos en otros cursos o instancias, e indagar en ellos.

La evaluación cualitativa de la propuesta se realizó mediante una invitación informal a los estudiantes a hacer una devolución sobre la actividad en un foro de discusión en la plataforma. Los estudiantes destacaron la posibilidad de debatir con compañeros, la libertad para "inventar pero con fundamento", de aplicar lo estudiado y de vincular con otras asignaturas, de escucharse y escuchar.

Más investigaciones deberán realizarse, para indagar sobre el uso inicial de situaciones ficticias en las que se muestran respuestas a estímulos en seres vivos, como la actividad didáctica disparadora de modelización, sin haber realizado previamente la enseñanza formal de la temática científica.

## Bibliografía

Alberts, B., & Bray, D. (2006). Introducción a la biología celular. Ed. Médica Panamericana.

Cingolani, HE y Houssay, AB (2006) Fisiología humana. El Ateneo. 7ª edición. Buenos Aires.

Cooper, G. M., & Hausman, R. E. (2006). La Célula. 3◦ edición. MARBÁN: Madrid.

Cortés ME (2013) Módulo de autoaprendizaje del potencial de acción para estudiantes de Ciencias biomédicas y profesores de Química y Biología. Tesis. Universidad de Santiago de Chile.

Díaz Guevara, C. A.., Garay, F. R. G., Paz, J. D. A., & Adúriz-Bravo, A. (2019). Los modelos y la modelización científica y sus aportes a la enseñanza de la periodicidad química en la formación inicial del profesorado. Didacticae: Revista de Investigación en Didácticas Específicas, (5), 7-25.

Galagovsky, L; Greco, M. (2009). Uso de analogías para el "aprendizaje sustentable": El caso de la enseñanza de los niveles de organización en sistemas biológicos y sus propiedades emergentes. Revista Electrónica de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, año 4, número especial 1, pp 10-33. ISSN 1850 - 6666 / NIECYT - UNICEN. http://www.exa.unicen.edu.ar/reiec/files/num_esp/2009/REIEC_esp_2009_art2.pdf

Galagovsky, L (Directora) (2008). ¿Qué tienen de "naturales" las Ciencias Naturales? Editorial Biblos, Buenos Aires, Argentina.

Galagovsky, L (Directora) (2011). Didáctica de las ciencias naturales. El caso de los modelos científicos. Lugar Editorial, Buenos Aires.

González Novoa (2016) El impulso nervioso como problema de conocimiento. Tesis de Maestría en Docencia de las Ciencias naturales. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.

Izquierdo, M. (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia. Enseñanza de las ciencias sociales: revista de investigación, (6), 125-138.

Kandel, E.R., Schwartz, J.H. y Jessell, T.M. (1991) Principios de Neurociencia. Mc Graw Hill, Madrid. 4ª. Edición.

Latorre, R., López-Barneo, J., Bezanilla, F, y R. Llinás (Edits.). (1996). Biofísica y fisiología celular. Universidad de Sevilla. España.

Lombardi, O. (1998). La noción de modelo en ciencias. *Educación en ciencias*, *2*(4), 5-13.

Píriz Giménez, N., Tucci, J., & López Larrama, M. N. (2018). La importancia cualitativa de los números en la enseñanza de la Biología. Aprendizaje sustentable del potencial de acción. Química viva. Vol 17, N°3

Píriz Giménez, N., Tucci, J., Lezama Balsas, J., & Terevinto, E. (2016). Saltatory conduction: uncovering the mind of biology students. International Educational Scientific Research Journal, 2(3)_ 4-6.

Píriz Giménez, N., Tucci, J., Lezama Balsas, J., Rattín, E. & López M.N (2016). Analysis and methodological approach to addressing the" myth of sodium/potassium pump" when teaching the nerve impulse. International Educational Scientific Research Journal, 2(6): 104-106.

Píriz Giménez, N. (2016) Biofísica para la formación del profesorado. 2° edición. Ediciones Ciencia: Montevideo. (Disponible en http://repositorio.cfe.edu.uy/bitstream/handle/123456789/135/PirizGimenez%2cN.Biofisica.pdf?sequence=2&isAllowed=y)