

Cuando las actividades prácticas refuerzan conceptos inclusores erróneos. El caso del transporte de agua

Jerónimo Tucci Añón¹, Joséln Cantero² y Nazira Píríz Giménez³

*¹⁻³Instituto de Profesores "Artigas", Consejo de Formación en Educación. Av. Libertador
2015, Montevideo, Uruguay*

¹jeronimotucci@gmail.com, ²joselincantero@gmail.com, ³nazirapiriz@gmail.com

Resumen

La construcción del conocimiento en el proceso de aprendizaje de las ciencias biológicas requiere, inevitablemente, pensar a las actividades prácticas como parte fundamental. A menudo, un abordaje clásico de lo experimental, así como de la enseñanza de contenidos, conlleva consigo la pérdida del sentido real que tiene la ciencia. Esto es, la búsqueda de respuestas para interrogantes o inquietudes, la indagación, y en consecuencia, el diseño de un plan o protocolo para conseguir un acercamiento a lo que se busca. Al mismo tiempo, este abordaje suele tender a la reducción o simplificación de temas o conceptos complejos, introduciendo o fortaleciendo entonces conceptos inclusores erróneos en la estructura cognitiva del estudiante. Este trabajo se propone analizar un protocolo práctico sumamente conocido y frecuentemente utilizado en la enseñanza de las Ciencias Biológicas para evidenciar este planteamiento, a la vez que aportar a la superación de este problema, abordando concretamente la relación entre el transporte de agua y el proceso de ósmosis.

Palabras clave: Transporte de agua, Ósmosis, Aprendizaje sustentable, Concepto inclusor, Actividades prácticas.

Introducción

La realización de actividades prácticas como estrategia de enseñanza, si bien ha sido históricamente considerada valiosa, constituye un tema largamente debatido y complejo, vinculado también a las causas de la escasa realización de actividades experimentales en la enseñanza de las ciencias naturales. Algunos de los aspectos favorables que se han planteado para su utilización incluyen: la vinculación entre teoría y práctica; el desarrollo de habilidades, destrezas y procedimientos; la contribución al pensamiento científico; aproximarse a metodologías científicas y su instrumentación; pudiendo eventualmente resultar motivadoras para los estudiantes.

Caamaño (2005) propuso cinco funciones del trabajo práctico: (a) función ilustrativa de los conceptos, (b) función interpretativa de las experiencias, (c) función de aprendizaje de métodos y técnicas de laboratorio, (d) función investigativa teórica relacionada con la resolución de problemas teóricos y construcción de modelos, y (e) función investigativa práctica relacionada con la resolución de problemas prácticos.

No obstante, a menudo constatamos cómo, aún sin proponérselo, los actores directamente involucrados en el proceso educativo limitan el potencial de las actividades prácticas como herramienta de construcción de conocimiento. Por un lado, cuando las actividades prácticas están únicamente asociadas con la ilustración o la demostración de conceptos, se corre el riesgo de transmitir el concepto de ciencia típico del positivismo. Estamos hablando de entender la ciencia de forma acabada, estática, producto de la acumulación de conocimiento previo, muerta, ahistórica y atemporal, y sobre todas las cosas, estamos hablando del supuesto que existe en el imaginario colectivo acerca de quienes hacen ciencia y de qué forma. Existen varias investigaciones que demuestran la tendencia existente a creer que la ciencia es algo que hacen los “científicos”, muchas veces idealizado de acuerdo también a la concepción positivista de la ciencia como un sujeto que trabaja solo, encerrado en un laboratorio.

Por otro lado, cuando las actividades prácticas están basadas en la repetición de pasos que nos llevan a verificar que los conceptos dados son correctos, el riesgo principal es el de inhabilitar el desarrollo del espíritu científico en el aula. Mientras la ciencia desarrolla métodos y profundiza el conocimiento para responder preguntas, los estudiantes aprenden ciencia a partir de respuestas dadas, y viven la práctica experimental como espectadores.

Por último, es fundamental que los docentes puedan pensar crítica y creativamente el uso de los protocolos que utilizan, especialmente si son protocolos estándar o ya diseñados porque éstos podrían incorporar o reforzar conceptos inclusores erróneos en la estructura cognitiva de los estudiantes.

En este trabajo se analiza una actividad práctica “clásica” que pretende mostrar cambios celulares tales como lisis y crenación en eritrocitos, así como plasmólisis y turgencia en células de planta. Dicho análisis se realiza en base al Modelo de Aprendizaje Cognitivo Consciente Sustentable y permite identificar errores inclusores erróneos que subyacen a una visión simplificada de una temática que refiere en última instancia, al transporte de agua a través de membranas biológicas como determinante de modificaciones en el volumen de las células.

Referentes Teóricos

a. *El Modelo de Aprendizaje Cognitivo Consciente Sustentable y sus aportes a esta problemática.*

El Modelo de Aprendizaje Cognitivo Consciente Sustentable, a partir de ahora MACCS, plantea la necesidad de hacer consciente los errores conceptuales para poder realizar un aprendizaje sustentable. Destacamos de dicho modelo, tres aspectos fundamentales (Galagovsky, L. 2004):

- El primer aspecto radica en diferenciar información de conocimiento. El conocimiento hace referencia a lo que un sujeto sabe, lo que posee en su estructura cognitiva, y la información es todo el “conocimiento” que se encuentra fuera de la estructura cognitiva del sujeto. La información en este modelo es externa a la estructura cognitiva del

sujeto. Cuando los docentes enseñan conceptos buscan que la información presentada se transforme en conocimiento.

- El segundo aspecto a aclarar es la diferenciación entre aprendizaje sustentable y aprendizaje aislado. El aprendizaje sustentable es aquel que se da cuando la información recibida es transformada en un nuevo conocimiento y por lo tanto trae aparejada un cambio en la estructura cognitiva del sujeto que aprende. El aprendizaje aislado se da cuando un nuevo aprendizaje no logra vincularse con la estructura cognitiva del sujeto, de esta manera se aprende memorísticamente. Hasta que dicho aprendizaje no se incorpore o vincule con el mapa cognitivo del estudiante, el nuevo conocimiento no es comprendido en forma cabal, y es muy factible que sea olvidado en poco tiempo, por el sujeto.

- El tercer y último aspecto a aclarar es la diferenciación entre los conceptos inclusores y los conceptos sostén. Ambos conceptos son nexos entre el nuevo aprendizaje y la estructura cognitiva de la persona. La diferencia entre ambos es que el concepto inclusor puede ser erróneo mientras que el concepto sostén deberá ser correcto siempre. Como consecuencia, un aprendizaje significativo y coherente, puede ser erróneo, y su "lógica" favorece que perdure en el tiempo y que sea difícil de modificar. En cambio un aprendizaje sustentable debe ser correcto.

Es importante aclarar que en este modelo el docente no es un agente que brinda información para que los estudiantes realicen el aprendizaje sustentable sino que por el contrario es un facilitador en la creación de los conceptos sostén.

Los docentes deben de tomar conciencia sobre los siguientes puntos (Galagovsky, L. 2005):

- Que el docente exponga simplemente información a sus estudiantes no quiere decir que estos realicen aprendizajes sustentables.

- No es correcta la premisa "a mayor información presentada, mayores conocimientos adquiridos". De hecho suele pasar lo contrario.

- Los estudiantes le brindan a la información presentada, un significado que probablemente no sea el mismo que el que le da el docente.

- El conocimiento que maneja un docente no se transmite desde su cabeza a la de los estudiantes.

a. *El transporte de Agua y su diferencia con el proceso de ósmosis.*

El término ósmosis suele ser usado por los docentes de Ciencias biológicas en múltiples instancias. Dicho proceso se define como el pasaje del solvente (como el agua), a través de una membrana semipermeable (Píriz, N., 2016; Latorre et al., 1996).

Las membranas semipermeables son aquellas que permiten el pasaje de agua, pero no de los solutos.

Las membranas biológicas permiten el pasaje no sólo de agua sino que también el de algunos solutos, que difieren en distintas membranas y situaciones, por lo que además, es dinámica. Esto último determina que las membranas biológicas posean permeabilidad selectiva, y al pasaje de agua a través de una membrana biológica no constituye un proceso de ósmosis sino de transporte de agua. El transporte de agua es un proceso más complejo que el de ósmosis, no obstante su comprensión requiere del abordaje previo de este último.

El proceso de ósmosis depende de dos factores: -las diferencias de presión hidrostática entre los compartimentos separados por la membrana biológica (ΔP); y -las diferencias de presión osmótica entre ambos medios ($\Delta \pi$). Es importante entender que durante un proceso de ósmosis ambas presiones actúan en forma simultánea. Si las analizamos individualmente, podemos corroborar que el agua tiende a ir desde donde la presión hidrostática es mayor a donde la presión hidrostática es menor. En cambio, el agua tiende a ir desde el compartimento con menor al de mayor presión osmótica. Cabe destacar que la presión osmótica considera además de la concentración, la forma en que se disocian los solutos. Este factor es relevante dado que la disociación de solutos aumenta la cantidad de partículas en solución, la presión osmótica, y la tendencia a captar agua. Por este motivo no es posible sacar conclusiones sobre la tendencia al escape del agua sólo con datos de concentración de los solutos en solución.

El equilibrio osmótico a través de una membrana se alcanza cuando la tendencia al escape del agua no existe, y como consecuencia, el flujo neto espontáneo de agua, es igual a cero.

De esta manera podemos decir que la ecuación de densidad de flujo (J) a través de una membrana semipermeable es:

$J = L \cdot (\Delta P - \Delta \pi)$, siendo L es el coeficiente hidráulico, parámetro que mide la permisividad de la membrana al agua.

Con respecto a la presión hidrostática cabe aclarar que en células que no poseen pared celular, es posible despreciar las diferencias de presión hidrostática entre los medios intracelular y extracelular debido a que las membranas plasmáticas son distensibles, de manera que si aumentara la presión hidrostática en el medio intracelular, la membrana se extendería. Si dicha presión intracelular aumentara demasiado provocaría la lisis celular.

En el caso de células con pared celular no se puede despreciar las diferencias de presión hidrostática debido a que la pared celular incrementa dicha presión en el interior de la célula, limitando el ingreso de agua y pudiendo contrarrestar diferencias de presión osmótica entre los medios intracelular y extracelular. Es así que bacterias con alta presión osmótica intracelular pueden vivir en medios hiposmóticos (con menor osmolaridad que el medio intracelular), y mantenerse en equilibrio osmótico.

Al considerar el transporte de agua en membranas biológicas, es preciso tener en cuenta factores que complejizan el sistema y que invalidan el uso de la ecuación de flujo de agua para membranas semipermeables. Uno de ellos radica en que las células no poseen membranas semipermeables sino membranas con permeabilidad selectiva. Cuando los

solutos difunden a través de las membranas, modifican las presiones osmóticas de ambos medios y secundariamente la tendencia al escape del agua. Esta problemática se atiende en la ecuación de flujo de agua, con el coeficiente de reflexión. Dicho coeficiente toma valores entre cero y uno. Si el valor es igual a uno, el soluto no es permeable a la membrana, en cambio a medida que el soluto es más permeable a la membrana, el coeficiente toma valores más cercanos a cero.

Debido a esto la ecuación de densidad de flujo para membranas biológicas quedaría de la siguiente manera.

$$J = L \cdot (\Delta P - \sigma \cdot \Delta \pi)$$

El producto $\sigma \cdot \Delta \pi$ representa las diferencias de presión osmótica efectiva. Un análisis cualitativo de este factor nos permite inferir, que las presiones osmóticas generadas por un soluto que permee a través de la membrana celular, serán reducidas por un coeficiente de reflexión cercano a cero, por lo que dichas presiones osmóticas podrán no ser "efectivas", con resultados experimentales diferentes a los que esperaríamos considerando únicamente procesos de ósmosis.

Se vincula al concepto de "presión osmótica efectiva", el de "tonicidad" de una solución. Éste alude al efecto que produce una solución en el volumen de una célula. Considerando que todo cambio en el volumen celular es producido por el pasaje de agua a través de las membranas celulares, y considerando lo expresado previamente, tenemos por tanto que, si se observan cambios en el volumen de una célula, no alcanza explicarlo por las diferencias de concentración entre el medio intracelular y la solución agregada. Será necesario considerar también la disociación de solutos y la permisividad de la membrana a ellos.

Una solución determinada puede comportarse de tres maneras distintas con respecto a el volumen de una célula. De esta manera se definen tres tipos de soluciones:

- Una solución hipotónica: en contacto con una célula produce el ingreso de agua al medio intracelular y por ende un aumento en el volumen celular.
- Una solución isotónica: en contacto con una célula no produce pasaje de agua neto, por lo tanto no se observan cambios en el volumen celular.
- Una solución hipertónica: en contacto con una célula produce la salida de agua del medio intracelular al medio extracelular y por ende una reducción del volumen celular.

Desarrollo

Con frecuencia los docentes de ciencias biológicas utilizan protocolos de actividades experimentales para dar explicación a procesos biológicos que ocurren en los seres vivos.

Existen en las bibliografías usadas y en páginas de internet una serie de actividades prácticas que suelen ser versiones simplificadas de procesos complejos que ocurren en los seres vivos.

El uso de estos protocolos simplificados puede reforzar o introducir conceptos erróneos en la estructura cognitiva de nuestros alumnos.

En este trabajo analizamos protocolos prácticos muy utilizados en la enseñanza de las Ciencias biológicas y que a nuestro entender puede fortalecer errores conceptuales, y que refiere a protocolos utilizados para la observación de fenómenos de: lisis, crenación, plasmólisis y turgencia, en células.

Dicho práctico consiste en exponer células animales o vegetales a soluciones preparadas con un único soluto (generalmente cloruro de sodio: NaCl) a distintas concentraciones, y observar los cambios que ocurran en aquéllas.

Para entender los posibles errores conceptuales que puede introducir este protocolo es necesario considerar cuáles son las dificultades que aparecen con frecuencia en el estudio del transporte de agua en los seres vivos, y que atañen también a conceptos de otras ciencias naturales como físicoquímica y química. Ellos son:

- Atribuir el término "concentración" a las soluciones en lugar de a los solutos, y por ende solemos ver expresiones tales como "soluciones concentradas" para soluciones de varios solutos (como los compartimentos que separan las membranas biológicas).
- Conceptualizar a la "concentración" como "osmolaridad", desconociendo que los solutos pueden disociarse, y por ende desconociendo que a una misma concentración les puede corresponder diferentes osmolaridades, si el soluto cambia.
- Considerar a las "diferencias de concentración de soluciones" como el factor determinante del pasaje de agua a través de membranas biológicas.
- Desconocer que el pasaje de solutos a través de las membranas, modifica secundariamente el pasaje de agua, y que el coeficiente de reflexión permite corregir este factor.
- Utilizar el término "ósmosis" para todo pasaje de agua a través de membranas biológicas.
- Utilizar en forma inadecuada el término "semipermeable" y asignarle dicha cualidad a las membranas biológicas, desconociendo la diferencia con "permeabilidad selectiva".
- Desconocer las expresiones "osmolaridad efectiva" y "tonicidad", así como su significado.

¿Por qué los protocolos prácticos habituales, fortalecen conceptos inclusores erróneos? Aportes del Modelo de Aprendizaje Cognitivo Consciente Sustentable (MACCS) para el análisis

En vista de los fundamentos presentados y de las dificultades identificadas con frecuencia en la enseñanza del transporte de agua, presentamos a continuación lo que según el MACCS, constituirían conceptos inclusores erróneos que se reforzarían con los protocolos habituales fortaleciendo un aprendizaje significativo pero erróneo.

El uso en dichos protocolos de un único soluto, trae aparejado las siguientes consecuencias:

- Impide incorporar la variable "disociación" de solutos, puesto que un mismo soluto se disocia de una única manera, no haciendo posible diferenciar concentración de osmolaridad, y reforzando la idea de que el pasaje de agua depende de diferencias de concentración.

- Al usar un mismo soluto, también impide considerar variantes en la permeabilidad de las membranas celulares, no haciendo posible diferenciar osmolaridad de osmolaridad efectiva, y favoreciendo o bien conceptos erróneos sobre "tonicidad", o bien su aprendizaje aislado.

- El uso de un único soluto que además es impermeable a las membranas celulares utilizadas habitualmente, favorece la idea errónea de que las membranas celulares son semipermeables, y que el pasaje de agua constituye un proceso de ósmosis.

Es por esto que si nos limitamos al uso de un único soluto y en particular de NaCl, favorecemos la incorporación a la estructura cognitiva de los estudiantes, los siguientes conceptos inclusores erróneos:

- Las membranas biológicas son semipermeables;
- El pasaje de agua en los seres vivos constituye un proceso de ósmosis;
- El pasaje de agua en los seres vivos se da por diferencias de concentración de solutos.

Para el caso del transporte de agua es importante que los docentes incorporen en protocolos prácticos:

- Distintos solutos que varíen en su disociación y en la permeabilidad a las membranas biológicas de las células a utilizar.
- Que incorporen diferentes células cuya permeabilidad a los solutos también difiera.

Algunas variantes en los protocolos que ayudan a la incorporación de conceptos sostén adecuados.

A partir de lo discutido se evidencia el valor en la utilización de solutos que se disocian de manera diferente, y en el caso de que se disocian de igual manera, que tengan diferente permeabilidad a la membrana. A modo de ejemplo, para cumplir el primer criterio, puede compararse el efecto de soluciones de NaCl y sacarosa a igual concentración. Considerando el segundo criterio, pueden compararse los resultados de soluciones de sacarosa y urea a igual concentración y osmolaridad. Esta última variante arroja resultados diferentes en distintos preparados. La consideración de estos criterios permite mostrar (figuras en adjunto) que soluciones de igual concentración e incluso de igual osmolaridad, pueden comportarse de un modo diferente en cuanto a la tonicidad, lo que también varía según el tipo celular de los preparados a utilizar.

Conclusiones

La utilización de protocolos prácticos que simplifican los procesos biológicos a estudiar, pueden contribuir a aprendizajes erróneos. Este es el caso de los protocolos habituales para la observación de lisis, crenación, plasmólisis y turgencia, cuyos fundamentos teóricos radican en el transporte de agua a través de membranas biológicas. Es de suma importancia que al momento de elegir un protocolo como actividad de laboratorio, el docente haga una revisión crítica de él, procurando evitar la construcción de conceptos inclusores erróneos, eventualmente por el uso de protocolos simplificados que no consideran no sólo variados factores que influyen en el proceso biológico en estudio, sino también la diversidad biológica como aspecto central en la enseñanza de las Ciencias biológicas.

Referencias Bibliográficas

- Caamaño, A. (2005). Trabajos prácticos investigativos en química en relación con el modelo atómico-molecular de la materia, planificados mediante un diálogo estructurado entre profesor y estudiantes. *Educación química*, 16(1), 10-19.
- Galagovsky, Lydia (2004b) Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 2: derivaciones comunicacionales y didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), p.349-364.
- Latorre, R.; López Barneo, J.; Bezanilla, F.; Llinás, R. (eds) (1996). *Biofísica y fisiología celular*. Sevilla: Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones.
- Píriz, Nazira. (2016). *Biofísica para la formación del profesorado*. Montevideo. Ediciones Ciencia. 2ª edición.
- Galagovsky, Lydia. (2004a). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 1: el modelo teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), p.229-240.