



La analogía en un concepto biológico: aplicación a la síntesis de proteínas

Cecilia Estrabou, Claudio Sosa, Liliana Crocco y Walter Almirón

Cátedra de Introducción a la Biología. Facultad de Ciencias.
Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.
Correo electrónico: cecilia@arnet.com.ar

Resumen

¿Cómo enseñar algunos conceptos teóricos en el primer curso de Biología? Muchos conceptos científicos son difíciles para la comprensión de los alumnos, especialmente aquellos que no son observables y no pueden ser demostrados por experimentación. Las analogías pueden ayudar a visualizar y hacer más comprensibles conceptos teóricos. Las analogías deben ser presentadas como una herramienta pedagógica requiriendo una presentación estructurada y sistemática. En el presente trabajo se propone utilizar esta herramienta para que los alumnos puedan comprender el proceso de la síntesis proteica.

Palabras clave: analogías, currícula de pregrado, síntesis proteica, precauciones.

Abstract

How to teach some theoretical concepts in the first course of Biology? Many science concepts are difficult for learners to understand, especially those that are unobservable and defy understanding by direct experimentation. Analogies can help in their visualization and make theoretical concepts understandable. Analogies should be presented as pedagogical tools requiring a structured, systematic presentation. In the present paper this tool is used to teach the protein synthesis process.

Key words: analogies, pregraduate curriculum, protein synthesis, warnings.

Introducción

En la enseñanza de Biología General durante el primer año de la carrera de Biología, hemos utilizado diferentes estrategias en la búsqueda de una modalidad más eficaz para que el alumno adquiera contenidos biológicos básicos. En nuestra experiencia, hemos encontrado tres niveles de dificultad:

En primer lugar, los conocimientos que el alumno debe adquirir varían desde estructuras submicroscópicas de alto nivel de abstracción (objetos teóricos) a la observación de organismos y sus estructuras (objetos observables y concretos). En un segundo nivel de dificultad se presenta en el estudio de estructuras celulares y/o moleculares (por ejemplo, ADN o ARN) que requieren de una teoría previa para interpretarlas y de tecnología apropiada para observarlas; o bien, por oposición a conceptos teóricos como el de comunidad o ecosistema, que se presentan como contingentes a los objetos biológicos que involucran. Los objetos concretos, tangibles y medibles de la comunidad o

el ecosistema, son los procesos que relacionan los objetos biológicos (por ejemplo, la red trófica como proceso que relaciona organismos) y a partir de allí se infiere y se define el nivel superior. Por último, el tercer nivel de dificultad es la aprehensión de los conceptos de escalas tanto temporal como espacial, y la interpretación de sus relaciones. Un ejemplo muy concreto es la mutación del ADN, un proceso puntual en el tiempo y en el espacio que se relaciona con conceptos a largo plazo y de posibles variaciones espaciales como el de evolución. Los tres niveles plantean problemáticas muy variadas a la hora de elegir herramientas didácticas. En sentido general, numerosos conceptos científicos son difíciles de interpretar por los estudiantes, especialmente aquellos que no son observables o que no pueden demostrarse por experimentación directa (Thiele & Treagust, 1995). Las analogías pueden ayudar en la visualización de esos conceptos y hacer entendibles a los conceptos teóricos (Lawson, 1993). Para ello, cada docente puede desarrollar un conjunto de analogías y tenerlas disponibles para cuando las considere apropiadas (Shul-

man, 1986; Thiele & Treagust, 1994). Sin embargo, hay que considerar aquellos factores que pueden hacer peligrar la eficacia de esta herramienta, para citar algunos: la formación del docente en relación con el concepto que se pretende enseñar, el modo en que se la presenta y el cómo queda explícita.

Los docentes deben tener un acabado conocimiento del contenido para seleccionar correctamente las analogías (Nottis, 1999), así como usarlas de manera acotada y efectiva (Mc Namara, 1991; Thiele & Treagust, 1994). Suele ocurrir que los docentes tienen poca preparación para la enseñanza de la ciencia y pueden caer en fallas conceptuales semejantes a los preconceptos con los que operan los alumnos (Heywood & Parker, 1997; Wandersee *et al.*, 1994).

Para trabajar con analogías sencillas, existen algunos modelos de instrucciones como la guía FAR (Harrison, 1995) y el "Modelo de enseñando con analogías" de Glynn (1994). Cada modelo explicita la delimitación de las similitudes y diferencias entre el concepto conocido y el concepto a aprehender. Las analogías han resultado eficientes para hacer comprender conceptos teóricos (Lawson, 1993) pero no es tan difundido su uso en procesos. Se las utiliza como un generador de ideas previas que facilita la comprensión y la fijación del concepto de interés (Miguel, 1999).

Para comprender el tema del uso de las analogías en la Biología, tomaremos el ejemplo de la síntesis de proteínas, ya que este mecanismo biológico requiere de un alto nivel de abstracción al involucrar estructuras teóricas relacionadas en un proceso complejo. Además es un proceso vital alejado de las experiencias cotidianas de los alumnos por lo cual es conveniente trabajar su conceptualización partiendo de una referencia cercana para aquellos. Así, se propone una analogía entre el proceso de la síntesis proteica y la producción de autos en una fábrica.

La síntesis proteica es entonces el objeto o blanco, lo que se quiere aclarar, mientras la fábrica de automóviles es el ancla o fuente, el objeto de referencia. Se muestra una línea de producción de automóviles (las proteínas) cuyo modelo y cantidad será determinado por el mercado (el medio). La información de los diseños, mercados, etc. se circunscribe a un directorio (el ADN). El proceso de TRANSCRIPCIÓN y TRADUCCIÓN sigue los pasos de una línea de ensamblaje de las partes del auto. El destino del mismo varía si permanece dentro de la fábrica (la célula) o es para exportación.

A continuación resumimos en el siguiente cuadro la analogía: la síntesis proteica.

<i>Ancla o fuente</i>	<i>Objeto o blanco</i>
I.- La información	
<p>El Directorio de la fábrica concentra la información del auto que va a producir: diseño a desarrollar, modelo, mercado al que va dirigido, necesidad de los consumidores, planos de electricidad y de mecánica etc. Cada parte del auto está estrictamente detallada y planificada. Esta información se encuentra protegida (de robo, plagio, etc.) en las esferas del Directorio.</p>	<p>La información acerca de la proteína a sintetizar la concentra el ADN. Tres bases conforman un nucleótido que es la información necesaria para producir un aminoácido, y el conjunto de éstos dará forma a la proteína.</p> <p>La información permanece protegida en el núcleo (en los organismos con organización celular eucariota).</p>

<i>Ancla o fuente</i>	<i>Objeto o blanco</i>
II.- Transcripción	
<p>La información de cada parte del auto es llevada por un Jefe de Departamento al área correspondiente (ARN mensajero a un ribosoma). Cada área tiene la maquinaria y la materia prima necesaria para construir su parte (los ARN de transferencia (=ARNt) que se encuentran en el citoplasma y los aminoácidos, dispersos también en el citoplasma).</p>	<p>El fragmento de ADN que contiene la información para la proteína es copiado en forma de otra molécula orgánica, el ARN mensajero (ARNm).</p>
III.- Traducción	
<p>Sobre grúas que sirven de soporte (el ribosoma) se van ensamblando las distintas partes del auto (los aminoácidos que conformarán la proteína) y que son llevadas por obreros (los ARNt acarreamo un aminoácido cada uno). Cuando se coloque la última parte del auto, éste estará terminado (la proteína) y cada obrero se dedica ahora a buscar nuevas partes para el ensamble de un nuevo auto (los ARNt vuelven al citoplasma a buscar nuevos aminoácidos).</p>	<p>El ARNm traslada la información hasta el citoplasma donde se adhiere a un ribosoma para comenzar la siguiente etapa. Los ARNt traen oportunamente los aminoácidos al complejo ARNm-ribosoma donde se realiza el reconocimiento y el ensamble entre ellos, la cadena se alarga hasta terminar la proteína. Los ARNt vuelven al citoplasma a buscar nuevos aminoácidos para dirigirse nuevamente a un complejo ARNm-ribosoma que los requiera.</p>
¿Qué reclama el mercado?	
<p>La fabricación del modelo del auto continuará en tanto y en cuanto tenga aceptación y demanda en el mercado. Por lo tanto el consumidor es quien genera la necesidad de fabricar nuevas unidades y esta necesidad, que es una valiosa información para la fábrica, es la que desencadena que el Directorio continúe o no con la producción del modelo.</p>	<p>La producción de la proteína continuará en tanto y en cuanto los niveles de esa proteína en la célula, en la sangre o en algún punto del organismo, sea bajo y se requiera mayor concentración. Cuando la cantidad de la proteína es suficiente, se desencadena un mecanismo de inhibición de los genes del ADN que están traduciendo la información al ARNm y dicha producción termina.</p>

En esta etapa hemos cerrado el círculo que también puede comenzar cuando el ambiente genera la necesidad de la producción de una cierta proteína desencadenando que se activen los genes de esa proteína, se forme ARNm que va al citoplasma, se ubica en un ribosoma y junto a los ARNt y los aminoácidos construyen de manera coordinada y en perfecto equipo la proteína hasta saciar la necesidad e inhibir nuevamente al gen. Una vez que tenemos el auto construido, ¿qué hacemos con él?

Hasta aquí, si nuestro objetivo fue explicar, exclusivamente, por analogía la síntesis de pro-

teína, hemos cumplido con la meta. Sin embargo, si nuestro objetivo es más amplio esta analogía puede extenderse, considerando a continuación algunas posibilidades:

- Si la proteína se mantiene en la célula para reparar alguna parte de las membranas (proteína de importación), su síntesis se realiza en los ribosomas dispersos en el citoplasma.
- Si es una proteína de exportación seguirá el camino por el retículo endoplásmico liso si se ensambla con lípidos, o el

del retículo endoplasmático rugoso si se une con hidratos de carbono; luego pasa al aparato de Golgi donde es envuelta y trasladada hasta la zona en que es liberada de la célula por exocitosis.

Continuando con la analogía, nuestro auto tendrá así dos líneas de ensamblaje: en una se fabrican autos para uso interno de la fábrica (en los ARNr del citoplasma) motivo por el cual no tienen gran parte de los accesorios; y en la otra línea, los autos se completan con todos los accesorios (por ejemplo, frenos ABS, cinturón de seguridad, levanta vidrios eléctricos, bolsa de aire para choques, aire acondicionado, etc.) los cuales representan las moléculas de lípidos o hidratos de carbono que son incorporadas a las proteínas de exportación. Luego estas proteínas son envueltas en membranas del aparato de Golgi, lo que en nuestro auto podrá equivaler a la capa de pintura antióxido con la que son trasladados para, finalmente, ser montado en camiones y transportados a otros destinos.

Por último, es posible ampliar la analogía utilizando el cuerpo humano, el cual es interpretado como una ciudad (cuerpo), con calles y avenidas (las venas y las arterias) que conducen finalmente a cada casa (cada célula del cuerpo). Esta analogía puede extenderse tanto como se quiera ya que puede utilizarse a los órganos como los diferentes barrios de ésta; las líneas de transporte público de pasajeros pueden ser referidas como proteínas que permanecen en la sangre (por ej. la hemoglobina) trasportando sustancias permanentemente.

Las posibilidades de trabajar con analogías son muy amplias dependiendo de los temas que se traten en el curso y, por supuesto, de la dificultad que los alumnos tengan en incorporar los conceptos trabajados. Para salir de la analogía, es conveniente empezar proponiendo que el alumno realice un cuadro comparativo entre la fuente y el blanco, por sí mismo, garantizando la comprensión general del tema. Según la experiencia realizada por los autores, una vez que el alumno incorporó el concepto y la comparación, es necesario revisar el tema utilizando exclusivamente lenguaje técnico, así como la evaluación de este concepto debe referirse solamente a la síntesis proteica en términos técnicos.

Conclusión

Harrison & Treagust (1994) indican que la analogía para que sea una herramienta eficaz debe ser presentada en una forma sistemática y con límites bien definidos, ya que han podido identificar fallas en los límites de aquellas y no en la analogía en sí que es usada por el docente.

Según Bloom (1956), podemos categorizar los objetivos cognitivos en 6 niveles de complejidad creciente: el conocimiento, la comprensión, la aplicación, el análisis, la síntesis y la evaluación. En el marco de la analogía, y a fin de generar una con validez, el alumno debe tener la capacidad de generalizar información estudiada para usarla en situaciones diferentes (aplicación), separar los contenidos en partes y relacionarlos (análisis), ver las partes y construir el todo (síntesis) y juzgar el valor del material para determinar su utilidad en futuras aplicaciones (evaluación) (Jacobs & Chase, 1992).

Si nuestra hipótesis es que el aspecto observable de la analogía hará el concepto más concreto para interpretarlo, entonces el contenido de ciertos procesos se definen como la condición dinámica o una serie de acciones que terminan en un resultado específico, (por ej. la conversión de la materia, la fotosíntesis o la síntesis proteica, que son procesos "no observables").

Para utilizar analogías se debe buscar un sistema que se corresponda con una propiedad estructural de lo mismo que se quiere enseñar, que contenga además un número similar de elementos y que éstos tengan interacciones asimilables al sistema en estudio. Es importante también encontrar analogías en conceptos cercanos al conocimiento cotidiano del alumno.

La analogía es una valiosa herramienta didáctica, muchas veces utilizada en forma intuitiva, pero es necesaria elaborar con cuidado para que cumpla con los objetivos deseados. En este sentido, el trabajar con analogías es un desafío, y la elaboración de marcos conceptuales que las sustenten será la meta a la que debe propender el docente.

Bibliografía

- Bloom, B. S. 1956. *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. NY: McKay.
- Glynn, S. M. 1994. *Teaching science with analogies: A strategy for teachers and textbook authors*. Reading Research Rep. No. 15. University of Georgia: National Reading Research Center.
- Harrison, A. G. 1995. Teaching analogies in science in a systematic way. Paper presented at the annual meeting of the National Science Teachers Association, Philadelphia, PA.
- Heywood, D. y J. Parker. 1997. Confronting the analogy: Primary teachers exploring the usefulness of analogies in the teaching and learning of electricity. *International Journal of Science Education*, 19, pp. 869-885.
- Jacobs, L. C. y C. I. Chasc. 1992. *Developing and using tests effectively: A guide for faculty*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Lawson, A. E. 1993. The importance of analogy: A prelude to the special issue. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, pp. 1213-1214.
- Mc Namara D. 1991. Subject knowledge and its application: Problems and possibilities for teacher educators. *Journal of Education Teaching*, 17(2), pp. 113-128.
- Miguél, H. 1999. La analogía como herramienta en la generación de ideas previas. El Caldero de la Escuela. 73:85-97. Escuela de Orientación Lacaniana. Buenos Aires.
- Nottis, K. E. K. 1999. Using analogies to teach plate-tectonics concepts. *Journal of Geoscience Education*, 47, pp. 449-454.
- Shulman, L. S. 1986. Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 5(2), pp. 4-14.
- Thiele, R. B. y D. F. Treagust. 1994. An interpretive examination of high school chemistry teachers' analogical explanations. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, pp. 227-242.
- Thiele, R. B. y D. F. Treagust. 1995. Analogies in chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 17, pp. 783-795.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. y J. D. Novak. 1994. *Research on alternative conceptions in science*. En: D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. NY: Macmillan, pp. 177-210.