

EJE TEMÁTICO 3: ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA ORGÁNICA Y QUÍMICA BIOLÓGICA

AVANCES EN EL ESTUDIO DE LAS DIFICULTADES EN LA ENSEÑANZA DE ACTIVIDAD ENZIMÁTICA EN EL NIVEL SUPERIOR

Karina Tripodi^{1,2*}, Gabriela García¹ y Celia Edilma Machado¹

¹ Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas- Universidad Nacional de Rosario- (FCByF-UNR)- Suipacha 531 (2000) Rosario, Santa Fe.

² Cefobi- CONICET- Suipacha 531 (2000) Rosario, Santa Fe.

E-mail: tripodi@cefobi-conicet.gov.ar

Este trabajo describe un estudio de la enseñanza del tema actividad enzimática en el marco de la asignatura Química Biológica, de las carreras de Bioquímica y Licenciatura en Biotecnología de la FCByF- UNR. La investigación se propone identificar las principales dificultades en la enseñanza del tema y elaborar propuestas didácticas con el fin de optimizar la profesionalización de las prácticas docentes.

Palabras clave: conocimiento didáctico del contenido, enseñanza, química biológica, actividad enzimática.

Descripción y objetivos de la investigación

En el campo de la investigación en Didáctica de las Ciencias se ha planteado frecuentemente que la dicotomía y falta de articulación entre el conocimiento de la disciplina y el conocimiento didáctico son factores que influyen en las dificultades de la enseñanza. En esta investigación se realiza un estudio de la enseñanza del tema actividad enzimática en el marco de la asignatura Química Biológica, de las carreras de Bioquímica y Licenciatura en Biotecnología de la FCByF-UNR. Los objetivos planteados en torno a la enseñanza del tema *actividad enzimática* son:

1. Indagar los obstáculos que se presentan en su enseñanza.
2. Relevar las ideas y conceptos enseñados.
3. Identificar y analizar las representaciones (ejemplos, analogías, preguntas, modelos, demostraciones, fenómenos) utilizadas por los docentes durante las clases.
4. Elaborar propuestas didácticas con el fin de optimizar la profesionalización de las prácticas docentes.

Antecedentes y fundamentos

Una dificultad a la que se enfrenta la enseñanza universitaria es el alto nivel académico de sus docentes, investigadores científicos todos, quienes en su desempeño cotidiano omiten los obstáculos epistemológicos documentados por la investigación educativa. Esto se manifiesta tanto en el lenguaje utilizado como en los procedimientos desarrollados, en lo que enuncian y o dejan de enunciar, cuando no en su postura filosófica, sean conscientes o no de ella [1]. Se propone como marco teórico el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) [2] [3] [4], el cual permite conocer más allá de los hechos o conceptos de un dominio, entendiendo tanto las estructuras sintácticas como las sustantivas del tema [5].

Interesa comprender el proceso de construcción del conocimiento científico en el contexto de formación de profesionales en el ámbito de la universidad pública. Esta comprensión permitirá optimizar los procesos de enseñanza mediante la elaboración de nuevas propuestas didácticas. En este sentido, la presente es una investigación inédita en este ámbito, que cubre tres fines: exploratorio, explicativo e intervencionista.

Metodología

La investigación se llevó a cabo con la metodología del *estudio de caso*. Para llevar a cabo los objetivos planteados anteriormente se adaptaron, se validaron y se aplicaron los siguientes instrumentos:

A- *Entrevistas semiestructuradas a los docentes participantes.* En estos encuentros se otorgó una guía de preguntas a los docentes con la intención de consensuar la elección del contenido cuya enseñanza será el objeto de investigación. Se ofrecieron opciones para que los docentes pudieran pensar acerca de algunos aspectos de su práctica, como por ejemplo: tratamiento matemático complejo, dificultad en comunicar su naturaleza dinámica, necesidad de ciertos conocimientos previos, entre otros.

B- *Análisis de documentos.* Se analizaron: el programa de la materia, la bibliografía recomendada y la guía de ejercicios.

C- *Observaciones sistematizadas.* Se observaron clases teóricas y de resolución de ejercicios utilizando indicadores específicos. Algunos indicadores son:

1. Ideas y conceptos del tema actividad enzimática que el docente enseña.
2. Preguntas, problemas o experiencias que elige para introducir el tema y para explicar conceptos.
3. Niveles de representación química: macro, submicro y simbólico.

D- *Análisis de organizadores conceptuales.* Se solicitó a cada docente participante la elaboración de un organizador conceptual sobre el contenido seleccionado. Éstos se utilizaron como herramienta de explicitación del recorte, enfoque y organización conceptual que el docente posee y considera relevante para la enseñanza.

Hallazgos de avance

1/ *Énfasis marcado en los modelos matemáticos que describen y explican el comportamiento enzimático: predomina el nivel de representación simbólico matemático necesario para la resolución de ejercicios algorítmicos.*

La *bibliografía [6]* recomendada se caracteriza por un tratamiento matemático bastante exhaustivo y por resaltar el aspecto cuantitativo de la actividad enzimática. Si bien no se trata de un conocimiento matemático complejo, se realizan una serie de suposiciones y simplificaciones para adaptar el comportamiento enzimático a determinados modelos que faciliten su estudio. No se enuncian en este texto los fenómenos ni los experimentos que dan origen a la derivación de los modelos y por lo tanto la relación entre los mismos quedaría supeditada al tratamiento que los docentes hacen de esta información.

En la *guía de ejercicios*, las actividades programadas están destinadas a la ejercitación y asimilación de los conceptos. Se trata de reformulaciones de ejercicios y situaciones problema seleccionados de actividades presentes en la bibliografía sugerida. En general, los ejercicios tienen como objetivo el cálculo de parámetros cinéticos de enzimas, utilizando ecuaciones y elaborando gráficos a partir de los datos ofrecidos. Predominan habilidades cognitivas básicas: conocer/memorizar, comprender y aplicar.

“Se estudió para una proteína X la dependencia de la actividad enzimática con la concentración de sustrato y se obtuvieron los siguientes valores de velocidad ($\mu\text{moles}/\text{min}.\text{mg}$):

[S] (mM)	0,25	0,50	0,67	1,00
V	33	50	57	67

Teniendo en cuenta que el peso molecular de la proteína es 300.000: a) Calcule los valores de K_m , V_{max} . b) Exprese el valor de velocidad máxima en Katal/mg. c) Calcule el número de recambio y explique el significado del mismo.”

Es interesante destacar que en varios ocasiones la docente utiliza recursos que transforman los ejercicios en problemas superando el enfoque matemático: por ejemplo introduce preguntas que llevan al estudiante a ubicarse en otro contexto, aplicar el conocimiento a otra situación, y esto posibilita operaciones cognitivas más complejas: analizar, evaluar, integrar.

En la *clase teórica* se pone en evidencia el énfasis en las deducciones matemáticas. Al inicio de la clase:

“Si bien la clase de hoy no es tan matemática, las clases siguientes...son deducciones matemáticas...entonces traten de venir...son clases donde no hay transparencias...deducir ecuaciones y ver cómo dan las gráficas en el pizarrón...”

Previamente a la explicación de los aspectos fenomenológicos de las mediciones que se realizan para el seguimiento de una actividad enzimática, el docente enfatiza la descripción de la “gráfica”:

“Lo que uno observa en general cuando uno grafica la producción de producto con el tiempo es: en las primeras partes obtenemos un comportamiento lineal, es decir a medida que aumenta el tiempo, aumenta el producto formado, pero a lo largo del tiempo uno observa que la recta empieza a frenarse.”

Se conecta directamente el modelo matemático (ecuación) con la gráfica matemática, sin explicar el aspecto experimental, ¿cómo se hacen las mediciones? ¿Qué datos debo obtener para luego graficar?

“Entonces lo que vamos a ver ahora es cómo...que tipo de curva da...cuando uno grafica la ecuación de Michaelis tenemos una hipérbola rectangular.”

Respecto a la elaboración de *organizadores conceptuales*, si bien el tema de investigación consensuado es *actividad enzimática*, éstos se centraron en la *determinación de parámetros cinéticos*, ya que éste era el aspecto que los docentes destacaban como difícil para enseñar y aprender. Se evidencia, entonces, el énfasis puesto en los modelos matemáticos. Se muestra un ejemplo en la figura 1.

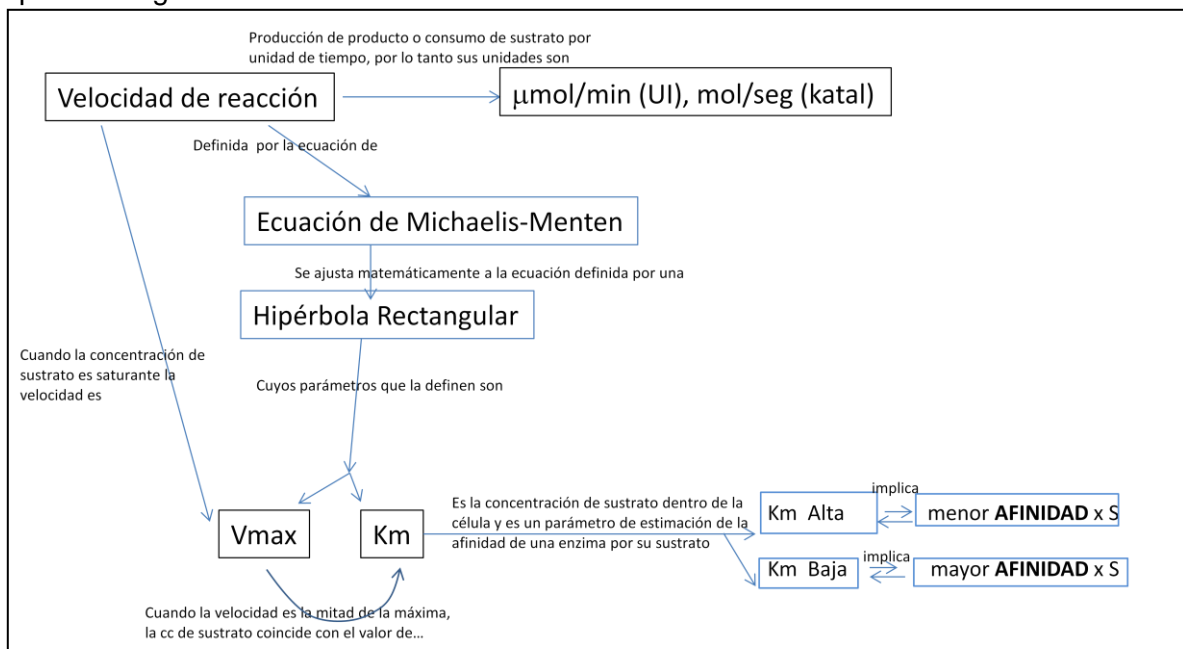


Figura 1- Organizador conceptual elaborado por un docente de clases prácticas: determinación de los parámetros cinéticos de una reacción catalizada enzimáticamente.

2/ Marcada limitación en el abordaje de los fenómenos y experimentos necesarios para la construcción de los modelos teóricos, promoviendo una visión alejada de la construcción del conocimiento en ciencias experimentales.

En la clase teórica se enseñan dos modelos que explican el comportamiento enzimático: “equilibrio rápido” y “estado estacionario”, sin aportar los datos ni las metodologías experimentales que les dieron origen. Al mismo tiempo se enfatiza que para el cálculo y la interpretación de los parámetros cinéticos estos dos modelos no tienen utilidad.

Es en las clases de resolución de ejercicios donde se desarrollan con mayor profundidad y detalle los aspectos fenomenológicos.

3/ Escaso acento en la explicitación de las ideas centrales del tema desarrollado.

En la clase teórica, abunda la presentación de ideas y conceptos sin el establecimiento de un orden jerárquico preciso y consistente.

4/ Falta de precisión en el uso del lenguaje.

Se presentan dos ejemplos de este hallazgo:

1. El término “actividad enzimática” se usa indistintamente como sinónimo de velocidad enzimática (carácter cuantitativo) y como manifestación observable de una reacción catalizada enzimáticamente (carácter cualitativo). En el primer caso no se aclara que el concepto “actividad enzimática” corresponde a una velocidad de reacción catalizada enzimáticamente, hasta el momento en que en la clase de resolución de ejercicios un estudiante lo pregunta.

2. Se resta importancia al uso preciso de etiquetas, sin embargo esta imprecisión confunde a una estudiante. Se generó el siguiente diálogo docente-estudiante respecto a los nombres de las constantes cinéticas de la reacción entre enzima y sustrato para formar el complejo “enzima-sustrato”:

“Alumna: Profe, es k a la menos uno o k menos uno?”

Profesora: Ésta es k_1 y ésta, k a la menos uno.

Alumna: k a la menos uno?

Profesora: k menos uno...es para decir que es inversa... como quieran... k menos uno. No es “a la menos uno”, es una...esta es una constante distinta a esta, es la inversa, no es la inversa, es la constante cinética de este lado, le ponemos k menos uno porque..para mostrar que es la distinta..sí, no es a la menos uno.. es k menos uno.”

Luego de esta aclaración, sin embargo la docente continúa utilizando la etiqueta “ k a la menos uno”.

Perspectivas y primeras propuestas

Se proponen las siguientes actividades a realizar en conjunto con los docentes participantes:

1. La reformulación de los organizadores conceptuales inicialmente elaborados.
2. La elaboración de una ReCo (Representaciones de Contenido [7]. Este instrumento permite documentar las ideas centrales, conceptos y procedimientos seleccionados para la enseñanza; plantear preguntas clave a las que responde el tema; identificar los objetivos que persigue el profesor; conocer las concepciones alternativas de los alumnos, el contexto y las dificultades de enseñanza; explicitar la importancia que reviste el tema en la formación profesional; seleccionar ejemplos, analogías y representaciones adecuadas a la enseñanza del tema.
3. El diseño e implementación de un experimento sencillo que introduzca el fenómeno químico de la actividad enzimática y que sea el punto de partida para el desarrollo de los modelos teóricos [8]. Este experimento cumpliría las funciones de motivar a los estudiantes, ayudar a la construcción conceptual y a la comprensión de los modos de construcción del conocimiento científico.

Agradecimientos

Las autoras agradecen a los docentes participantes, pertenecientes a la Cátedra de Química Biológica de la FCByF- UNR, por habernos permitido realizar los trabajos de investigación, por su excelente predisposición y ayuda.

Referencias Bibliográficas

- [1] C. E. Machado, J. Garófalo, L. Galagovsky Las dificultades en la apropiación del lenguaje específico de la Química Biológica por interferencia con el lenguaje cotidiano, **2005**. IV Jornadas de Enseñanza Preuniversitaria y Universitaria de la Química. Mérida, México.
- [2] L. S. Shulman, *Educational Researcher*. **1986**, 15, 4 –14.
- [3] A. Garritz, R. Trinidad-Velasco, *Educación química*. **2006**, 17(10), 117-141.
- [4] A. Bolívar, *Revista Interuniversitaria de formación del Profesorado*. **1993**, 16, 113-124.
- [5] J. J. Schwab, *Science, curriculum and liberal education*, **1978**, University of Chicago Press, Chicago,
- [6] I. H. Segel, *Enzymes*. En I.H. Segel, *Biochemical Calculations*, 208- 319, New York: Wiley, **1975**.
- [7] J. Loughran, P. Mulhall, A. Berry, *Journal of research in science teaching*, **2004**, 41(4), 370-391.
- [8] A. Martínez, J. Valdés, V. Talanquer, J. A. Chamizo. *Educación Química*, **2012**, 23(3), 361-369. Disponible en http://www.biochem.arizona.edu/tpp/EduQuim_MVTC_2012.pdf