

El equilibrio químico: su enseñanza desde la pedagogía de la comprensión

The Chemical Equilibrium: Teaching from the Pedagogy of Comprehension

Luis A. Marino¹

María Silvina Reyes²

Inés Granados³

Silvia Martínez⁴

Nora Ojea⁵

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos al aplicar estudios de casos basados en la pedagogía de la comprensión para enseñar el tópico generativo relativo al Equilibrio Químico y su relación con la dinámica del cambio químico. La pedagogía de la comprensión sostiene que todas las estrategias didácticas empleadas para enseñar un tópico generativo deben apuntar a lograr que el estudiante alcance ciertas metas de comprensión, que le permitan aplicar el nuevo conocimiento a diferentes situaciones problemáticas y en diferentes contextos. La propuesta se implementó en los alumnos del primer año del Profesorado en Biología de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Universidad Nacional del Litoral. Los primeros resultados nos permiten inferir que los fundamentos pedagógicos de esta propuesta mejora en los alumnos su comprensión sobre los conceptos trabajados y su transferencia a la resolución de cuestiones prácticas propias de su centro de interés.

Palabras clave

Equilibrio Químico, pedagogía para la comprensión, metas y desempeño, estudio de casos, estudiantes universitarios.

¹ Profesor, Universidad Nacional del Litoral.

² Profesora, Universidad Nacional del Litoral. Correo Electrónico: mariasilvinareyes@hotmail.com

³ Profesora, Universidad Nacional del Litoral.

⁴ Profesora, Universidad Nacional del Litoral.

⁵ Profesora, Universidad Nacional del Litoral.

Abstract

This work presents the results obtained by applying a case studies based on the pedagogy of comprehension to teach the generative topic related to Chemical Equilibrium and its relationship with the dynamics of chemical change. The pedagogy of comprehension maintains that all the didactic strategies used to teach a generative topic must aim to achieve that the student reaches certain goals of understanding, which allow the student to apply new knowledge to different problematic situations and in different contexts. The proposal was implemented in the first year, students of the Biology of the Facultad de Humanidades y Ciencias of the Universidad Nacional del Litoral. The first results allow us to infer that the pedagogical foundations of this proposal improve students' understanding of the concepts worked on and their transfer to the resolution of practical questions specific to their center of interest.

Keywords: Chemical Equilibrium, pedagogy for comprehension, goals and performance, cases studies, university students.

Introducción

La enseñanza para la comprensión involucra a los educandos en los desempeños de comprensión, para lo cual es necesario responder a algunas interrogantes y elementos. Las preguntas clave definen qué contenidos deben comprenderse a través de la identificación de temas relevantes y

pertinentes a través de temas generativos y la organización propuestas curriculares alrededor de ellas; además, clarifica lo que los estudiantes tienen que comprender por medio de la articulación de metas claras centradas en comprensiones clave, motiva el aprendizaje de los educandos involucrándolos en desempeños de comprensión o capacidades que exigen que estos apliquen, amplíen y sinteticen lo que saben. Finalmente, controla y promueve el avance de los educandos mediante evaluaciones diagnósticas continuas de sus desempeños o capacidades, habilidades, destrezas con criterios directamente vinculados con las metas de comprensión.

Blythe (1999) sostiene que la comprensión incumbe a la capacidad de hacer con un tópico una variedad de cosas que estimulan el pensamiento, como explicar, demostrar y dar ejemplos, generalizar, establecer analogías y volver a presentar el tópico de una nueva manera. De esta forma el aprendizaje puede estar al nivel de la comprensión y no al nivel de la memorización. En el marco de la enseñanza para la comprensión y dentro del Proyecto Cero de la Universidad de Harvard, se enlazan “los 4 pilares de la pedagogía” (Perkins,1998) con los 4 elementos de planificación e instrucción:

Tabla 1: Los cuatro pilares de la Pedagogía de la Comprensión

Cuatro Preguntas acerca de la enseñanza	El elemento de la Enseñanza para la Comprensión que aborda cada una de las preguntas
¿Qué debemos enseñar?	Tópicos Generativos: son cuerpos organizados de conocimientos (son temas que combinan hechos, conceptos, generalizaciones y relaciones entre ellos)
¿Qué vale la pena comprender?	Metas de Comprensión: son enunciados o preguntas donde se expresan cuáles son las cosas más importantes que deben comprender los alumnos en una unidad (metas de comprensión por unidad que se ocupan de los aspectos centrales del tópico) o asignatura (meta de comprensión abarcadora que atraviesa los tópicos).
¿Cómo debemos enseñar para comprender?	Desempeños de Comprensión: actividades que desarrollan y a la vez demuestran la comprensión del alumno en lo referente a las metas de comprensión, al exigirles usar lo que saben de nuevas maneras).
¿Cómo pueden saber estudiantes y docentes lo que comprenden los estudiantes? Y ¿cómo se puede desarrollar una comprensión más profunda?	Evaluación Diagnóstica Continua: proceso por el cual los estudiantes obtienen retroalimentación continua para sus desempeños con el fin de mejorarlos.

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta lo anterior este trabajo persigue los siguientes objetivos:

- Contribuir a la mejora de los aprendizajes del tópico generativo equilibrio químico en estudiantes universitarios.
- Establecer metas y desempeños de comprensión.
- Diseñar estudios de casos de interés para el estudiantado.

Tópico generativo para la enseñanza por comprensión del Equilibrio Químico

El equilibrio químico es uno de los tópicos centrales dentro de la Química como “Ciencia del cambio”. Una de las razones fundamentales es que complementa el estudio

de las reacciones químicas necesarias para representar cualquier cambio químico. La otra, es que permite al estudiante comprender otros sistemas en equilibrio que se encuentran en su entorno natural, social y tecnológico. En particular, a los alumnos de las carreras del Profesorado en Biología y Licenciatura en Biodiversidad de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Universidad Nacional del Litoral (UNL) les facilita la comprensión de los equilibrios presentes en toda la escala biológica, pasando desde el nivel celular hasta los ecosistemas. Sin embargo, el equilibrio químico es un tema que presenta diversas dificultades para su enseñanza, ya que presenta un alto grado de complejidad, especificidad y abstracción. Para su aprendizaje requiere de la comprensión y

manejo de otros conceptos como reacciones químicas, estequiometría, cinética química y termoquímica. Esta carga lo hace difícil de comprender y justifica por qué en el desarrollo del conocimiento sobre cambio químico pueda ser abordado de manera cuantitativa solo

Metas y desempeños de comprensión para Equilibrio Químico

cuando los alumnos hayan desarrollado un determinado grado de abstracción y pensamiento formal avanzado (últimos años de enseñanza media y primeros de enseñanza superior).

En la tabla 2, se presentan dichas metas, los contenidos curriculares con los cuales se relaciona y los desempeños de comprensión.

Tabla 2: Planteo de metas y desempeños de comprensión

Metas	Contenidos disciplinares	Desempeños de comprensión
Que el estudiante comprenda	El equilibrio Químico	Que el estudiante
Que hay reacciones Químicas reversibles e incompletas en las cuales en un estado final coexisten reactivos y productos en un estado de equilibrio.	Concepto de equilibrio químico	Reconozca que hay reacciones químicas que se producen en forma incompleta, coexistiendo en un estado final reactivos y productos.
Que el grado de la reversibilidad puede ser cuantificado a través de la constante de equilibrio. Que dicha constante depende principalmente de la temperatura del sistema reaccionante y de la presión del sistema (en el caso de sistemas en fase líquida o sólida). Que la constante de equilibrio puede plantearse a partir de las concentraciones de los reactivos y productos, empleándose diferentes unidades de concentración, dependiendo el estado de	Expresión de la constante de equilibrio.	Relacione el grado de reversibilidad de una reacción a través del valor de la constante de equilibrio. Reconozca que la constante de equilibrio se modifica, solo si se modifica la temperatura. Reconozca que la constante incrementa con un aumento de la temperatura si la reacción es endotérmica y presenta una variación contraria si es exotérmica. Plantee la constante de equilibrio químico para sistemas homogéneos en fase gaseosa.

<p>agregación de la sustancia y su concentración.</p>		<p>Plantee la constante de equilibrio para reactivos y/o productos en soluciones muy diluidas.</p> <p>Plantee la constante de equilibrio para reactivos y productos en fases diferentes. (Equilibrios heterogéneos).</p>
<p>Que el equilibrio químico es dinámico.</p> <p>Que el equilibrio químico es móvil.</p> <p>Que la movilidad del equilibrio puede conseguirse mediante la aplicación de ciertas perturbaciones como la alteración de las concentraciones de los reactivos o productos, la variación de la temperatura del sistema o la presión del mismo.</p> <p>Que la dirección del desplazamiento del equilibrio implica la evolución hacia un equilibrio igual o diferente al original. Que la dirección en la cual se desplaza el equilibrio puede ser predicha cualitativamente por el principio de Le Châtelier.</p>	<p>Factores que alteran el equilibrio químico.</p> <p>Principio de Le Châtelier</p>	<p>Identifique las características particulares del equilibrio químico.</p> <p>A través de experiencias de laboratorio pueda observar cómo se modifica dinámicamente el equilibrio mediante diferentes perturbaciones.</p> <p>Verifique que la dirección del desplazamiento químico coincide con aquella predicha por el principio de Le Châtelier.</p>

Fuente: Elaboración propia

A su vez, se pueden redefinir los desempeños de comprensión en términos tales que nos definan los indicadores que permiten evaluar el grado de comprensión (en relación con una meta) alcanzado por el estudiante durante su aprendizaje.

Tabla 3: Metas y desempeños de comprensión

Metas Que el alumno comprenda:	Progresión del Aprendizaje		
	Básico	Medio	Óptimo
Que hay reacciones químicas reversibles e incompletas en las cuales en un estado final coexisten reactivos y productos en un estado de equilibrio.	Reconoce que hay reacciones que se producen en forma incompleta.	Reconoce que hay reacciones químicas que se producen en forma incompleta, coexistiendo en un estado final reactivos y productos.	Reconoce que en las reacciones reversibles coexisten reactivos, productos y sus concentraciones no cambian en el tiempo y lo asocia a un estado de equilibrio.
Que el grado de la reversibilidad puede ser cuantificado a través de la constante de equilibrio.	Identifica que a mayor valor en la constante de equilibrio mayor es la irreversibilidad que presenta.	Relaciona una modificación en el grado de reversibilidad de una reacción a través del cambio en el valor de la constante de equilibrio	Analiza que la temperatura y, en algunos casos, la presión modifican la constante de equilibrio y el grado de reversibilidad de la reacción.
Que dicha constante depende principalmente de la temperatura del sistema reaccionante y de la presión del sistema (en el caso de sistemas en fase líquida o sólida).	Reconoce que al variar la temperatura cambia la relación entre las cantidades de reactivos y productos en el equilibrio.	Reconoce que la constante incrementa con un aumento de la temperatura si la reacción es endotérmica y presenta una variación contraria si es exotérmica.	Analiza qué tipo de variación de temperatura se requiere en función del desplazamiento requerido para el equilibrio.
Que la constante de equilibrio puede plantearse a partir de las concentraciones de los reactivos y productos, empleándose diferentes unidades	Plantea en forma genérica la constante de equilibrio.	Plantea en forma particular la constante de equilibrio para reacciones homogéneas (en	Plantea las constantes de equilibrio y efectúa análisis cualitativos a partir de ellas, tanto para sistemas

de concentración, dependiendo el estado de agregación de la sustancia y su concentración.		fase gaseosa o soluciones).	homogéneos como heterogéneos.
Que el equilibrio químico es dinámico y móvil. Al introducir una perturbación evoluciona hacia un estado de equilibrio igual o diferente al original.	Reconoce la movilidad de un equilibrio químico y que factores lo pueden modificar.	Predice en qué sentido se produce la movilidad de acuerdo al principio de Le Châtelier.	Evalúa cuantitativamente en qué dirección se produce la movilidad a través de la relación entre el cociente de reacción y la constante de equilibrio.

Fuente: Elaboración propia

Metodología

Se aplicó un instrumento consistente en una evaluación de la suma de criterios basada en el método de casos destinada a evaluar la progresión en el aprendizaje (baja, media o alta) obtenido al final de la secuencia didáctica, en relación a los siguientes contenidos disciplinares:

- Concepto de equilibrio químico.
- Expresiones de la constante de equilibrio (K_c , K_x y K_p)
- Factores que alteran el equilibrio químico (variación de la concentración de reactivos o productos, temperatura y presión del sistema).
- concepto y aplicación del principio de Le Châtelier (para predecir la evolución de un equilibrio alterado y su correlación cuantitativa con la relación Q/K_e). Los resultados nos permiten intervenir a futuro en dicha secuencia para mejorar las metas de comprensión alcanzadas en ciertos tópicos. El Instrumento (Anexo 1) se

aplicó a 30 alumnos del Profesorado en Biología de la Facultad de Humanidades y Ciencias (UNL), cuyas edades oscilaban entre los 18 y 20 años. Todos los alumnos seleccionados habían aprobado el curso de articulación disciplinar de química dictado por la UNL con el objeto de nivelar los conocimientos mínimos de los alumnos en dicha área.

Resultados

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación del instrumento evaluativo (anexo) se agrupan de acuerdo a los 3 casos presentes en él. Para el **caso I**: un 90 % de los alumnos reconoció la reacción química producida (ítem 1-aprendizaje básico); un 83 % reconoció que la reacción es reversible, coexistiendo en un estado final reactivos y productos (ítem 2-aprendizaje medio) y un 100 % pudo definir qué es un equilibrio químico (ítem 3.a-aprendizaje básico). Con respecto al ítem 3.b, un 70 % (nivel de aprendizaje medio) reconoció que en dicho estado de equilibrio coexisten los reactivos y

productos y sus concentraciones no cambian en el tiempo. Solamente un 30 % de los estudiantes pudieron plantear la constante de equilibrio para la reacción homogénea en fase gaseosa (ítem 4-nivel de aprendizaje medio). Un 90 % de los alumnos reconoció que la constante incrementa con un aumento de la temperatura (ítem 5-nivel de aprendizaje medio), aunque solo un 20 % supo analizar el desplazamiento del equilibrio en función de la variación de la temperatura (ítem 6 – nivel de aprendizaje óptimo). El 100 % de los estudiantes pudo reconocer la movilidad de un equilibrio químico, los factores que lo pueden modificar y relacionarlos con el principio de Le Châtelier (ítem 7-nivel de aprendizaje básico), mientras un 52 % pudo predecir cómo modificar los factores para lograr un determinado sentido en la reacción (ítem 8-nivel de aprendizaje medio).

Con relación al **caso II**, en el ítem a (nivel de aprendizaje medio), un 86 % pudo reconocer cómo cambia la constante en relación a la variación de la temperatura si la reacción es endotérmica o exotérmica; en relación al punto b (nivel de aprendizaje medio) solo un 37 % pudo predecir en qué sentido se desplazaba el equilibrio al reducir la presión. Solo un 18 % de los estudiantes fue capaz de evaluar si se modificaba, en los ítems anteriores, la constante o el cociente de reacción (nivel de aprendizaje óptimo).

Finalmente, para el **caso III**, en el ítem a, un 92 % pudo explicar qué significaba una reacción reversible (nivel de aprendizaje básico), mientras que un 91 % pudo reconocer si la reacción en particular era endotérmica o exotérmica (nivel de aprendizaje medio). Con respecto al ítem b, un 20 % de los alumnos fue capaz de plantear la constante de equilibrio (nivel de aprendizaje medio) mientras que

apenas un 15 % analizó el tipo de desplazamiento producido en base a las variaciones estacionales de temperatura (nivel de aprendizaje óptimo). Con respecto al ítem c, un 15 % pudo relacionar lo analizado en el punto b con la propiedad dinámica de los equilibrios (nivel de aprendizaje medio), aunque un 90 % pudo definir que significa que el equilibrio químico es dinámico (nivel de aprendizaje básico).

Tópico generativo para la enseñanza por comprensión del Equilibrio Químico

De acuerdo con los resultados obtenidos, los niveles de aprendizaje se ubicaron preferentemente entre básicos y medios. De los análisis de los escritos vemos que los planteos matemáticos les obstaculizaron alcanzar conclusiones más relevantes. La transferencia de los resultados a casos concretos de su interés no les causó mayores dificultades y sus desempeños resultaron satisfactorios. Creemos que los fundamentos pedagógicos de esta propuesta mejora la comprensión de los conceptos, su transferencia a la resolución de cuestiones prácticas propias del interés de los alumnos, con lo cual el conocimiento adquirirá una mayor pertinencia para él y favorecerá su inclusión dentro del ámbito educativo.

Referencias

- Jorba, J. y Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de evaluación continua. Propuesta didáctica para las áreas de ciencias de la naturaleza y las matemáticas*. Ministerio de Educación y Cultura.
- Montero, M. (1999). La Psicología política en América Latina. *Psicología Política Latinoamericana*, 3, 27 – 43.
- Perkins, D. (1998). *Enseñanza para la comprensión. Introducción a la teoría y su práctica*. Harvard University.
- Villegas, M (2006). Pedagogía para la comprensión. Un modelo didáctico para propiciar la inclusión social. *Revista de Pedagogía*, 27 (79), 307-350.

Anexo I

Instrumento para evaluar desempeño del aprendizaje correspondiente a Equilibrio Químico (estudio de casos)

1) Una compañía produce amoníaco a partir de la reacción entre el hidrógeno y nitrógeno molecular a 500 °C. Al final de la reacción se obtiene un producto (amoníaco) contaminado con hidrógeno y nitrógeno, ocasionando rendimientos bajos en la producción.

- 1) Plantee cuál es la reacción balanceada para la síntesis entre el hidrógeno molecular y el nitrógeno molecular que genera el amoníaco gaseoso.
- 2) De acuerdo a los datos del enunciado, la reacción ¿es reversible o no? ¿Por qué?
De ser una reacción reversible, suponga que se produce hasta alcanzar el equilibrio químico. Al respecto, conteste:
 - a) ¿Qué entiende por equilibrio químico?
 - b) Suponiendo que se parte de los reactivos puros, ¿qué ocurre con las concentraciones de los reactivos y productos al inicio de la reacción, al final de ella, y con la relación entre ellas?
- 3) Establecer la constante de equilibrio (Kp) para la reacción teniendo en cuenta el estado de agregación de reactivos y productos.

<p>4) Teniendo en cuenta la temperatura a la cual se realiza la reacción, podría analizar si esta es endotérmica o es exotérmica.</p> <p>5) ¿Qué ocurriría con la constante de equilibrio anterior si la reacción se produjese a una temperatura menor?</p> <p>6) Enunciar el principio de Le Châtelier.</p> <p>7) Analizar qué factores puede modificar, y en qué sentido, para incrementar la producción del amoníaco.</p>
<p>II) Para las siguientes reacciones en equilibrio:</p> <p>i. $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta h < 0$</p> <p>ii. $\text{I}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{IH}(\text{g}) \quad \Delta h < 0$</p> <p>iii. $\text{I}_2(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{IH}(\text{g}) \quad \Delta h > 0$</p> <p>iv. $2 \text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \quad \Delta h < 0$</p> <p>Determinar, aplicando El principio de Le Châtelier, cómo se modificará la posición del equilibrio por:</p>
<p>a) El aumento de la temperatura.</p> <p>b) La disminución de la presión (manteniendo el volumen constante).</p> <p>c) Indicar en cada caso si se modifica el cociente de reacción, la K de equilibrio o ambos.</p>
<p>III) Respecto a la siguiente reacción de disolución del oxígeno molecular en agua (esencial para la vida de los organismos acuáticos aerobios)</p> <p>$\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{O}_2(\text{dis}) + \text{calor}$</p>
<p>a) ¿Qué significa que la reacción es reversible? ¿La misma es endotérmica o exotérmica?</p> <p>b) Escriba la expresión de la constante de equilibrio. A presión atmosférica constante ¿qué efectos tendrá la variación estacional de la temperatura, sobre la concentración de oxígeno disuelto en agua y por ende sobre la comunidad acuática?</p> <p>c) ¿Qué relación tiene lo anteriormente analizado con la propiedad “dinámica” de un equilibrio fisicoquímico?</p>