



*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.

## **Pensemos Químicamente: Aprendizaje de la reacción química y los “Haceres Químicos” en la ENMS**

Carlos Trujano Cuéllar  
Universidad Nacional Autónoma de México  
[ct.clorofila@gmail.com](mailto:ct.clorofila@gmail.com)

Flor Reyes-Cárdenas  
Universidad Nacional Autónoma de México  
fmreyes@unam.mx

Línea temática: Metodologías de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Naturales.  
Modalidad: 1. Poster de reflexión y experiencia de innovación en el aula.

### **Resumen**

El “Pensamiento Químico” es un modelo de enseñanza de la química que permite desarrollar en los estudiantes habilidades para pensar como profesionales de la química. Esto surge de proponer una alternativa a aproximaciones educativas en las que el estudiante aprende, de manera fragmentada o incompleta, lo que los profesionales de la química saben. Hemos diseñado la progresión de aprendizaje “Pensemos Químicamente” que es relevante porque actualmente no existe un modelo que considere explícitamente al Pensamiento Químico para abordar los contenidos de los planes de estudio para la Educación de Nivel Medio Superior en México. El material educativo generado le permite al docente de química promover el aprendizaje para el tema reacción química y al mismo tiempo recolectar evidencias del proceso de educativo en las diversas etapas del mismo haciendo énfasis en los “Haceres Químicos”.

### **Palabras clave**

Congreso, Latinoamericano, Investigación, Didáctica y Ciencias 2020, Pensamiento Químico, Constructivismo, Progresión de Aprendizaje, Secuencia Didáctica, Evaluación

### **Objetivos**

- Presentar los principales referentes relacionados con el Pensamiento Químico, la progresión de aprendizaje y los conceptos torales del tema reacción química que permiten construir y diseñar el material educativo.

- Presentar una nueva propuesta de progresión de aprendizaje que permita desarrollar el Pensamiento Químico a través del tema de reacción química en la Educación de Nivel Medio Superior (ENMS). Los objetivos de aprendizaje son: (a) que los alumnos podrán correlacionar el concepto de reacción química con la exploración de la estructura, interacciones y dinámicas de los componentes submicroscópicos de la materia<sup>1</sup> y (b) los alumnos podrán correlacionar el concepto de reacción química con los “Haceres Químicos”<sup>1</sup>

## Marco Teórico

La enseñanza y el aprendizaje de la química es difícil. Una de las principales dificultades en este proceso se relaciona con la naturaleza de la química y, particularmente, con los tres niveles principales de representación que los profesionales de la química utilizan simultáneamente en su trabajo. Estos niveles son el simbólico, el macroscópico y el submicroscópico (Johnstone, 1982).

Por su parte, Talanquer y Pollard (2010) reportan que los alumnos batallan con la enseñanza tradicional, usualmente escalonada, porque a ellos se les dificulta ver las conexiones conceptuales entre cada lección fragmentada. Como respuesta a este modelo positivista de enseñanza surgieron modelos constructivistas de “telaraña” conectados interdisciplinariamente con otras materias en donde se le presentan a los alumnos problemas complejos de la vida real. Esto ocasiona que el profesor batalle con los contenidos, con su secuenciación y con la organización de tiempos para proporcionar la información conforme se va necesitando. Además, el estudiante se frustra al intentar resolver un problema complejo, porque los contenidos básicos suelen no estar comprendidos. Es difícil que desarrollen las herramientas para resolverlo y la solución real (que es la que busca el alumno) está fuera de su alcance. Es decir, no hay claridad sobre el alcance del análisis de ese problema en clase.

El modelo “Pensamiento Químico” (PQ) de Talanquer y Pollard (2010), diseñado específicamente para la enseñanza de la química, es importante porque provee una alternativa a estas necesidades docentes. Este modelo les permite a los estudiantes desarrollar herramientas metacognitivas para poder pensar como profesionales de la química, en lugar de enseñarles únicamente los contenidos que los profesionales de la química saben.

A su vez, el tema de reacción química es particularmente desafiante para los estudiantes. Pues, es en éste en el que los alumnos verdaderamente encuentran difícil pasar de un nivel de representación a otro mientras intentan explicar lo que sucede en una reacción química. Sin embargo, la investigación de Talanquer y Pollard (2010) ha demostrado que el modelo de PQ facilita el aprendizaje de este y otros temas de química mediante herramientas como lo son:

---

<sup>1</sup> PQ3, Colegio de Ciencias y Humanidades CCH

entendimiento conceptual de ideas fundamentales, conexión de ideas centrales a través de progresiones de aprendizaje, resolución de problemas y toma de decisiones en química.

Talanquer y Pollard (2010) proponen cinco “Pensamientos Químicos” (PQ1, PQ2...) como ideas fundamentales que guían la forma de pensar de los profesionales de la química en el análisis, síntesis, transformación y modelaje de las sustancias. Los profesionales de la química piensan simultáneamente en los cinco pensamientos químicos, así como en los tres niveles de representación, en el desarrollo de su labor científico. Este trabajo se enfocará en el tercer pensamiento químico que es el siguiente:

- PQ3 “Haceres Químicos”. La exploración y el modelaje de cómo se relacionan las propiedades de las sustancias con su estructura, sus interacciones y las dinámicas de sus componentes submicroscópicos ayuda a diseñar métodos para **separar, detectar, identificar y cuantificar** las sustancias; y también procedimientos para  **sintetizarlas o transformarlas**. (Talanquer y Pollard, 2010).

Así mismo, Talanquer y Pollard (2010) proponen progresiones de aprendizaje con base en la resolución de problemas y en la toma de decisiones para lograr sus objetivos. El diseño de éstas se fundamenta en su modelo PQ. Este modelo consiste, esencialmente, en tres pasos: 1. “Entendimientos duraderos”; 2. “Herramientas de evaluación”; y 3. “Experiencias de aprendizaje”.

## Metodología

Para el diseño y elaboración de la progresión de aprendizaje “Pensemos químicamente” se llevó a cabo:

- Investigación documental.
- Análisis de los Pensamientos Químicos (PQ1, PQ2...).
- Análisis de los diferentes planes de estudio de la Educación de Nivel Medio Superior (ENMS) de la Ciudad de México.
- Establecimiento de criterios de diseño y elaboración siguiendo el modelo en donde se resalta:
  - Elegir los “Entendimientos duraderos” que se desea que desarrollen los estudiantes.
  - Adaptar y/o adoptar “Herramientas de evaluación” con las que se evalúa el progreso del desarrollo de los objetivos de aprendizaje.
  - Adaptar y/o adoptar “Experiencias de aprendizaje” que permiten que los estudiantes desarrollen los objetivos de aprendizaje.

La investigación documental permitió la elección de los modelos educativos y disciplinares para el desarrollo del material educativo. Sin embargo, para esta unidad didáctica debe clarificarse que el “Modelo teórico científico”, es decir, el conocimiento de la química; y el “Modelo de progresión de aprendizaje”, es decir, el conocimiento apropiado para un estudiante en determinado nivel educativo y que está permeado por transposiciones didácticas (Chevallard, 1985), son los siguientes:

Modelo teórico científico	Modelo de progresión de aprendizaje
<p>“Las reacciones ocurren porque las moléculas se están moviendo y cuando se golpean con violencia suficiente unas contra otras los enlaces se rompen y los átomos se intercambian para formar nuevas moléculas. O una molécula que está vibrando con violencia suficiente puede romperse en moléculas más pequeñas.” - Gillespie, 1997:863.</p>	<p>- Entendimientos Duraderos. - Herramientas de Evaluación (Actividad 5). - Experiencias de Aprendizaje (Actividades 1, 2, 3, 4). • Talanquer y Pollard, 2010</p>

Tabla 1. Modelos en relación con la progresión de aprendizaje “Pensemos Químicamente” y actividades del material educativo.

Hemos elegido el tercer pensamiento químico (PQ3) como guía para el desarrollo de esta progresión de aprendizaje en conjunción con el tema de reacción química de la Unidad 3 de la materia de Química III del plan de estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la Ciudad de México.

La progresión de aprendizaje, a la que Díaz-Barriga (2013) también llama “secuencia didáctica”, se compone de cinco actividades:

1. Exploración inicial – Prueba de Fehling
2. Conceptos nuevos – El hierro contra la anemia
3. Síntesis química y conceptual – Sulfato de hierro (II)
4. Mapas conceptuales – Evaluación formativa
5. Descripción final – Talidomida

## Resultados

Las actividades planteadas se caracterizan por contar con experimentos, análisis de fenómenos, discusión guiada, ejercicios teóricos y preguntas abiertas que invitan a la reflexión, el trabajo en equipo y la discusión grupal. Estas habilidades pueden llevar a los estudiantes a la resolución de problemas y a la toma de decisiones en la química y no solo en un contexto puramente académico. Otra habilidad requerida para el cumplimiento satisfactorio de estas actividades es la construcción de conexiones entre la experiencia, los modelos teóricos y las herramientas visuales usadas comúnmente en la profesión de la química. Este conjunto de habilidades es crucial para el desarrollo significativo del entendimiento de la disciplina, conforme a Talanquer y Pollard (2010).

Adicionalmente, se incorporan herramientas accesibles mediante herramientas de cómputo, como videos y programas de simulaciones de reacciones químicas que cuentan con representaciones atómicas y moleculares. Estas técnicas de visualización facilitan a los alumnos la conceptualización de representaciones moleculares, una exploración del comportamiento dinámico de sistemas químicos y la capacidad de analizar críticamente los movimientos moleculares que conforman la reacción química.

Además, “Pensemos Químicamente” permite a los alumnos el desarrollo y construcción de una visión de la naturaleza de la química. Para ello se fortalece el aprendizaje con evaluaciones sumativas, evaluaciones diagnósticas y evaluaciones formativas que se incorporan de forma progresiva.

Pensemos Químicamente			
	Experiencias de Aprendizaje	Herramientas de Evaluación	Entendimientos Duraderos
1	Exploración inicial – Prueba de Fehling	Evaluación diagnóstica. (Cuestionario abierto)	Los alumnos podrán relacionar el concepto de reacción química con los “Haceres Químicos” (separar, detectar, identificar, cuantificar, transformar y sintetizar).
2	Conceptos nuevos – El hierro contrala anemia	Evaluación formativa, trabajo en pares. (Trabajo en laboratorio de cómputo)	Los alumnos podrán relacionar el concepto de reacción química con la exploración de la estructura, interacciones y dinámicas de los componentes submicroscópicos de la materia (Gillespie).
3	Síntesis química y conceptual – Sulfato de hierro (II)	Evaluación formativa, trabajo en equipo. (Actividad Experimental)	Los alumnos reforzarán la conexión entre el concepto de reacción química con los “Haceres Químicos”.
4	Evaluación formativa – Mapas conceptuales	Evaluación sumativa. (Construcción individual de un mapa conceptual)	Los alumnos podrán completar un mapa conceptual relacionando los conceptos de reacción química (Gillespie) y el PQ3.
5	Descripción final – Talidomida	Evaluación formativa. (Análisis sencillo de un artículo de periódico)	Los alumnos podrán relacionar los conocimientos aprendidos con una descripción sencilla tipo CTSA.

Tabla 2. Resumen de progresión de aprendizaje “Pensemos químicamente”.

## Conclusiones

Hemos presentado la progresión de aprendizaje “Pensemos Químicamente” para la ENMS en la que se fomenta un aprendizaje constructivista y que aborda el tema de reacción química, lo que permite el desarrollo del PQ3 “Haceres Químicos”. Con este material el docente puede fomentar una construcción conceptual y el pensamiento químico simultáneamente. Lo anterior permite contar con evidencias de las experiencias de aprendizaje en las que se muestra el progreso de los alumnos hacia los entendimientos duraderos preestablecidos y se relacionan con las herramientas de evaluación. Éstos tres conforman el modelo “Pensamiento Químico” de enseñanza de la química.

La reacción química es uno de los modelos teóricos químicos más importantes para el entendimiento de la disciplina y es el fundamento conceptual para la elaboración de la progresión de aprendizaje “Pensemos químicamente”. Esta conjunción es una propuesta importante para la enseñanza de la química porque, a través de los resultados y nuevas propuestas de la investigación educativa, responde a algunas de las necesidades de la educación de la ciencia.

## **Bibliografía**

Anthony, S., Mernitz, H., Spencer, B., Gutwill, J., Kegley, S., and Molinaro, M. (1998). The ChemLinks and ModularCHEM consortia: using active and context-based learning to teach students how chemistry is actually done. *J. Chem. Educ.* 75. 322-324.

Colegio de Ciencias y Humanidades (1996). *Plan de Estudios Actualizado.* Universidad Nacional Autónoma de México.

Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique; du savoir savant au savoir enseigné.* Paris. La Pensée Sauvage.

Díaz-Barriga, A. (2013). *Guía para la elaboración de una secuencia didáctica.* México: UNAM.

Frade, L. (2008). *Planeación por competencias.* México: Ed. Inteligencia educativa.

Gillespie, R. J., Eaton, D. R., Humphreys, D. A. and Robinson, E. A. (1994). *Atoms, molecules and reactions. An introduction to chemistry.* Englewood Cliffs. NJ. USA: Prentice Hall.

Simulación solubilidad. (2019). Última consulta 7 de octubre de 2019.  
<<https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/soluble-salts>>

Johnstone, A. H. (1982). Macro and micro chemistry. *School Science Review.* 64 (227). 377-379.

Pushkin, D. (1998). Introductory students, conceptual understanding, and algorithmic success. *Journal of Chemical Education.* 75. 809-810.

Reyes, F. (2006). *Concepciones alternativas de estudiantes sobre el concepto de reacción química: un ejercicio de meta-análisis.* Tesis de maestría. UNAM.



**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.**

Reyes-Cárdenas, F. y Garritz, A. (2006). Conocimiento pedagógico del concepto de “reacción química” en profesores universitarios mexicanos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. 11(31). 1175-1205.

Schwartz, A. T. (2006). Contextualized chemistry education: the American experience. *Int. J. Sci. Educ.* 28. 977-998.

SEMS (2019). *La reforma educativa en educación media superior*. Última consulta 30 de abril de 2019. <[http://www.sems.gob.mx/es\\_mx/sems/programas\\_apoyo](http://www.sems.gob.mx/es_mx/sems/programas_apoyo)>

Talanquer, V. and Pollard, J. (2010). Let’s teach how we think instead of what we know. *Chem. Educ. Res. Pract.* 11(2). 74-83. doi: 10.1039/c005349j

Talanquer, V. and Pollard, J. *Chemical Thinking Volume II*. 4th. University of Arizona.

Weinrich, M. and Talanquer, V. (2015). Mapping students’ conceptual modes when thinking about chemical reactions used to make a desired product. *Chemistry Education Research and Practice*. 16. 561-577.