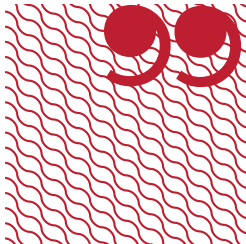
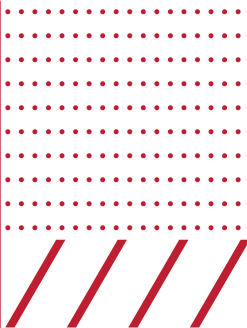


# NIVELES DE REPRESENTACIÓN EN MATERIALES DIDÁCTICOS ALREDEDOR DEL PROCESO HABER COMO SPE EN LA ENSEÑANZA DEL EQUILIBRIO QUÍMICO



Levels of representation in didactic materials around the Haber process as EPS in the teaching of chemical equilibrium

...

Níveis de representação em materiais didáticos em torno ao processo Haber como uma SPE no ensino do equilíbrio químico

---


Por:

**Javier Andrés Esteban-Muñoz<sup>1</sup>**

Universidad Nacional de Colombia.

Bogotá, Colombia.

[jestebanm@unal.edu.co](mailto:jestebanm@unal.edu.co)


 [0000-0003-1158-4091](https://orcid.org/0000-0003-1158-4091)

**Hermes Andrés Mancera-Mendieta<sup>2</sup>**

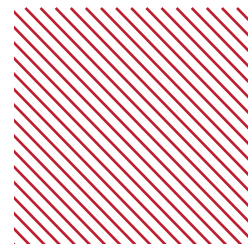
Secretaría de Educación de Cundinamarca,

Tocancipá, Colombia.

[hamanceram@upn.edu.co](mailto:hamanceram@upn.edu.co)

 [0000-0002-3099-5788](https://orcid.org/0000-0002-3099-5788)

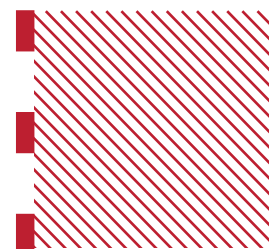
**Edwin Arnulfo Guzmán-Contreras<sup>3</sup>**  
Secretaría de Educación de Cundinamarca,  
Nocaima, Colombia.  
[eaguzmanc@upn.edu.co](mailto:eaguzmanc@upn.edu.co)  
 [0000-0003-3527-2340](https://orcid.org/0000-0003-3527-2340)



---

**Recepción:** 19/06/2021 • **Aprobación:** 09/11/2021

**Resumen:** El presente artículo expone el análisis realizado al proceso Haber como una situación problemática experimentable (SPE) que, generalmente, se encuentra presente en los libros de texto de Química para Educación Media y algunos simuladores en línea para la introducción al concepto de equilibrio químico. Frente a ello, se identificaron los niveles de representación presentes en los materiales seleccionados, así como la tipología de situación experimentable. En cuanto a los resultados y análisis, se observó el favorecimiento de representaciones macroscópicas, submicroscópicas y, por último, semiparticuladas. Finalmente, se destaca la importancia de este tipo de investigaciones en términos de la labor docente, así como el diseño y uso de este tipo de materiales didácticos; además, se brinda un punto de partida para futuras investigaciones teniendo en cuenta los lineamientos propuestos.



**Palabras clave:** Equilibrio; Enseñanza de la química; Libro de texto; Representación mental; Simulador; Situación Problemática Experimentable (SPE).

**Abstract:** This article presents the analysis of the Haber process as an experimental problem situation (EPS) that is generally present in chemistry textbooks for secondary education and some online simulators for the introduction to the concept of chemical equilibrium. In this regard, the levels of representation present in the selected materials were identified, as well as the typology of the experimental situation. Regarding results and analysis, the favoring of macroscopic, submicroscopic, and finally, semiparticulated representations was observed. Finally, the importance of this type of research in terms of teaching work, as well as the design and use of this type of didactic materials is highlighted; in addition, a starting point for future research is provided, taking into account the proposed guidelines.

**Keywords:** Equilibrium; Chemistry Education; Textbook; Mental representation; Simulator; Experimental Problem Situation (EPS).

**Resumo:** Este artigo apresenta a análise do processo Haber como uma situação problemática experimental (SPE), que está geralmente presente em livros de química para o Ensino Médio e em alguns simuladores on-line para a introdução ao conceito de equilíbrio químico. Identificaram-se os níveis de representação presentes nos materiais selecionados, como também a tipologia da situação experimental. Em termos de resultados e análise, observou-se que as representações macroscópicas, submicroscópicas e, finalmente, semi-particuladas foram favorecidas. Por fim, destaca-se a importância deste tipo de pesquisa em termos do trabalho docente, bem como a concepção e o uso deste tipo de material didático; além disso, é fornecido um ponto de partida para futuras pesquisas, levando-se em conta as diretrizes propostas.

**Palavras-chave:** Equilíbrio; Educação Química; Livro-texto; Representação mental; Simulador; Situação problemática experimental (SPE).

---

**Procedencia:** Este artículo no recibió financiación.



Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons  
Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual  
4.0 Internacional.

---

### ¿Cómo citar este artículo? / How to quote this article?

Esteban-Muñoz, J. A., Mancera- Mendieta, H. A. y Guzmán-Contreras, E. A. (2020). Niveles de representación en materiales didácticos alrededor del proceso Haber como SPE en la enseñanza del equilibrio químico. *Praxis, Educación y Pedagogía* (6). [https://doi.org/10.25100/praxis\\_educacion.v0i6.11380](https://doi.org/10.25100/praxis_educacion.v0i6.11380)

## Introducción

El equilibrio químico ha sido uno de los conceptos estructurantes de la Química que ha centrado la atención en su investigación en didáctica de las ciencias cuando se aborda en el aula de clases, tal como lo indican algunas investigaciones (Quílez, 2002, 2006; Raviolo, 2007; Franco y González, 2016). Esto, debido a la dificultad para observar su aplicación cotidiana, grado de abstracción, contextualización y nociones que permanecen en los estudiantes de “irreversibilidad” en las reacciones químicas; así como la vinculación de expresiones y tratamiento

matemático, perturbaciones y desplazamientos del equilibrio según el Principio de Le Chatelier (Moncaleano *et al.*, 2003; Quílez, 2006; Raviolo, 2007; Franco y González, 2016).

En conceptos como el mencionado, es indiscutible que el profesor de Ciencias acude a los libros de texto para guiar el proceso de enseñanza durante su intervención en el aula (Braga y Belver, 2016; Fernández y Caballero, 2017), especialmente cuando se vincula a la praxis docente el uso de simuladores en línea como mediadores del trabajo práctico experimental (Maestre *et al.*, 2020; Vega-Rodríguez, 2020). Es importante mencionar que, la investigación con relación al análisis de libros de texto es un campo que paulatinamente se ha ido consolidando en el marco de la didáctica de las ciencias, según lo exponen algunos autores (Parga y Martínez, 2015; Braga y Belver, 2016; Parga, 2018; Guzmán-Contreras *et al.*, 2021).

Materiales didácticos como libros de texto y simuladores habitualmente involucran situaciones cotidianas o históricas para introducir un tema en particular; ejemplo de ello, se utiliza el proceso Haber para ilustrar, en un primer momento, el concepto de equilibrio químico (Aristizábal *et al.*, 2009; Parga y Martínez, 2015). Asimismo, como forma de mediar este tipo de escenarios, cuando hay acceso limitado al desarrollo de prácticas experimentales, se han utilizado simuladores para la visualización tanto de los conceptos implícitos de dicho concepto, como de la ilustración del proceso mencionado (Raviolo, 2010; Linares *et al.*, 2015). Frente a esto, generalmente, se articulan representaciones mentales, simbólicas, macroscópicas y submicroscópicas tal como lo mencionan algunas investigaciones (Johnstone, 1991; Driel & Gräber, 2002; Galagovsky *et al.*, 2003; Gilbert & Treagust, 2009; Ordenes *et al.*, 2014; Proksa *et al.*, 2018).

Dado lo anterior, en el presente artículo se muestra el análisis realizado al proceso Haber abordado como SPE en un libro de texto de Química para Educación Media y un simulador, con relación a los niveles de representación propuestas desde la perspectiva de Galagovsky y su equipo de trabajo.

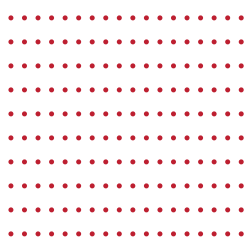
Vale la pena mencionar que el análisis presentado es relevante en la enseñanza de conceptos como el equilibrio químico, puesto que permite a los docentes de ciencias (en formación inicial y/o continuada) reflexionar sobre la estructura de libros de texto y simuladores que dan cuenta de representaciones a nivel macroscópico o simbólico y los beneficios de su implementación didáctica en la



Educación Media. Asimismo, el proceso Haber es una SPE que generalmente se incluye en los libros de texto, junto con sus implicaciones históricas y sociales; ejemplo de ello, se ilustra en Hill & Petrucci (1996), Chang & College (2002) y Maya *et al.* (2016).

En los siguientes apartados se muestra, de forma sucinta, la importancia a nivel histórico y social del proceso Haber; aspectos conceptuales y metodológicos de las SPE; y las consideraciones de Galagovsky y su equipo de trabajo en cuanto a los niveles de representación mental.

### Haber, ¿salvador o villano?



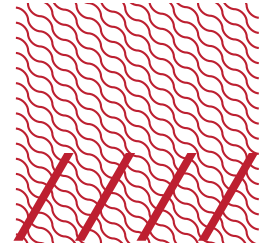
La humanidad ha dependido por milenios del uso de estiércol como fuente de nitrógeno fijado para fertilizar sus tierras de cultivo (Brown *et al.*, 2004). El salitre, una mezcla de  $\text{KNO}_3$  y  $\text{NaNO}_3$ , que se obtenía en la parte norte de Chile, sirvió también como fuente alterna de nitrógeno; hasta que a finales del siglo XIX la demanda mundial fue superior a la oferta, no sólo por el crecimiento vertiginoso de la población, sino especialmente por la víspera de la Primera Guerra Mundial que exigía cantidades industriales de explosivos. Si bien la atmósfera es 76,8% nitrógeno, sólo hay un 0,002% disponible en la corteza terrestre (Hill & Petrucci, 1996), de modo que el problema era cómo fijar parte de la gran cantidad de nitrógeno que había en el aire, siendo el alemán Fritz Haber quien ofreció la respuesta. En el año 1908 ajustó las condiciones de la reacción reversible en la combinación de nitrógeno e hidrógeno para producir amoníaco (Katz, 2017); según la siguiente ecuación química:



Esta reacción presentaba rendimientos muy pobres, pero el proceso propuesto por Haber los mejoró. Luego de ello, el ingeniero alemán Carl Bosch, transformó el proceso de laboratorio de Haber a escala comercial (Hill & Petrucci, 1996). Aunque hoy en día, Haber es tristemente célebre por prolongar en al menos dos años la Primera Guerra Mundial (Hill & Petrucci, 1996; Katz, 2017; Harford y Crighton, 2016; Pietro, 2018), el proceso que ideó ha salvado a millones de seres humanos de la inanición al incrementar el rendimiento de los cultivos y así producir mayor cantidad de alimentos (Brown *et al.*, 2004).

## Las Situaciones Problemáticas Experimentables (SPE) como una estrategia didáctica en el aula de clases

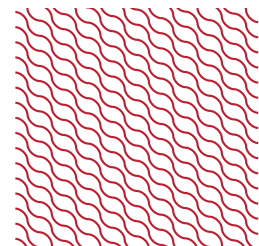
Soubirón (2005) planteó en su investigación titulada “Las Situaciones Problemáticas Experimentables (SPE) como alternativa metodológica en el aula” algunos aspectos teóricos y metodológicos (abordaje, intervención, evaluación, entre otros) acerca de las SPE como estrategia didáctica. Lo anterior, susceptible de ser vinculado con enfoques pedagógicos-didácticos tales como: Enseñanza para la comprensión (EpC), Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) (Soubirón, 2005; Rojas y Torres, 2016; Martínez, 2018; Esteban y Riveros, 2020; Esteban y Rodríguez, 2020).



En su conceptualización, Soubirón (2005) expone que las SPE son estrategias planteadas como aporte a la didáctica de las ciencias experimentales cuyo fin es aumentar la comprensión en términos conceptuales y procedimentales de las ciencias, favoreciendo la metacognición y autorregulación del estudiante. Lo anterior, se busca desde el planteamiento de cuestiones en situaciones cotidianas factibles de ser abordadas, sea de forma teórica o experimental, que conlleven a diferentes alternativas de resolución, a la comunicación de los hallazgos y la reflexión crítica.

Es importante señalar que, las SPE -más allá del planteamiento de objetivos de aprendizaje, bases teóricas, secuencias de etapas, contextualización y evaluación de la intervención en el aula- buscan el desarrollo y/o fortalecimiento de habilidades de mayor complejidad en los estudiantes, tales como: *investigar* (identificación de problemas, control de variables); *razonar* (comparación de teorías); *organizar conceptos* (comprensión y organización de conceptos del discurso); y, *comunicar* (expresión, representación e interpretación de símbolos, tablas, gráficos). Adicionalmente, se deben contemplar las habilidades manipulativas (Soubirón, 2005).

En cuanto a su implementación en el aula de clases, Soubirón (2005) propone las etapas detalladas en la Figura 1:







tan recurrentes en ciencias exactas como la Química. Así, las experiencias sensoriales percibidas por los sentidos para este autor son incluidas en un nivel macroscópico, las cuales pueden ser representadas en un nivel submicroscópico (empleando modelos o esquemas); que, a su vez, son expresados a través de fórmulas o expresiones matemáticas propias de un nivel simbólico (Johnstone, 1991, Johnstone *et al.*, 1994; Clair-Thompson *et al.*, 2010).

De acuerdo con lo expuesto, los docentes que han construido un proceso académico en ciencias naturales, y en particular en Química durante un buen tiempo, aparentemente y de manera inconsciente pueden “moverse” rápidamente entre un nivel u otro. Sin embargo, estudiantes en diferentes grados de formación educativa, no tienen esa facilidad para manejar los tres niveles de forma simultánea y, por tanto, muchas veces, no pueden dar respuesta adecuada a una situación problema objeto de estudio. Esta propuesta ha sido realmente interesante en el marco de la didáctica de las ciencias, y de forma particular en Química, siendo un punto de partida de valiosas reflexiones (Cárdenas, 2006; Gilbert & Treagust, 2009; Ordenes *et al.*, 2014; Proksa *et al.*, 2018; Ramos, 2020). No obstante, se realizará especial énfasis en las modificaciones presentadas por Galagovsky y su equipo de trabajo.

Galagovsky *et al.*, (2003, p. 111) partieron de los principios del triángulo de Johnstone, proponiendo un nuevo “nivel representacional intermedio, erróneo, entre el macroscópico y el submicroscópico” denominado *semiparticulado*. Con esta conclusión, para este equipo de investigación persiste la existencia de un nivel macroscópico que responde al registro de información expresada mediante lenguaje visual o verbal y percibida por los sentidos. Además, contempla la existencia de un nivel semiparticulado en el que se otorgan “rasgos perceptibles a entidades –conceptos- no perceptibles (Galagovsky *et al.*, 2003, p. 112). Finalmente, el nivel submicroscópico permite expresar a través de códigos diversas interpretaciones de la materia y del fenómeno estudiado; por tanto, allí se encontraría el nivel simbólico expresado por Johnstone y que muestra una modificación profunda a dicho modelo por parte de Galagovsky y sus colaboradores.

En términos generales, aunque dichos autores expresan claramente que el nivel semiparticulado emerge en la investigación durante el aprendizaje erróneo de conceptos químicos, la modificación profunda al modelo de Johnstone se encuentra direccionada en términos de establecer la existencia de dos niveles representacionales validos (macroscópico y simbólico) integrando definitivamente el nivel submicroscópico propuesto por Johnstone como “un caso especial del nivel simbólico que interpreta explicaciones mediante esquemas de partículas” (Galagovsky *et al.*, 2003, p. 112).



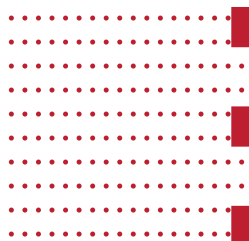
Dado lo anteriormente expuesto, en los siguientes apartados se muestra la metodología, resultados, análisis y conclusiones.

## Metodología

Esta investigación, basada en el análisis de un libro de texto y un simulador (con base en el proceso Haber como SPE), presentó un enfoque cualitativo con alcance exploratorio y descriptivo (Hernández-Sampieri *et al.*, 2014) según el siguiente diseño metodológico:

1. Se realizó una exploración e indagación preliminar sobre algunos libros de texto producidos en Colombia que abordan el proceso Haber como SPE. Para ello, se tomó como punto de partida la investigación llevada a cabo por Parga y Martínez (2015), seleccionando uno de los libros que habitualmente es utilizado en la enseñanza de Química en la Educación Media, por parte de los profesores de Ciencias y que se encontraba al alcance de los investigadores.

Es importante destacar que el análisis de libros de texto hace parte de un campo de investigación en el marco de la didáctica de las ciencias, pues este tipo de materiales siguen siendo herramientas educativas usadas de forma constante tanto por estudiantes como por docentes en los procesos de enseñanza-aprendizaje.



1. Se realizó la búsqueda de simuladores en motores de búsqueda y bases de datos empleando palabras clave o tesauros en idiomas español e inglés -por ejemplo: simulador, proceso Haber, process Haber simulator- para identificar y seleccionar posibles opciones en línea, eligiendo aquel que relacionaba el concepto de equilibrio químico, el proceso Haber y además de acceso gratuito para cualquier usuario.
2. Para realizar el análisis tanto del libro de texto como del simulador se realizó una descripción de contenido en función de los conceptos o temas asociados al equilibrio químico, los niveles de representación expuestos por Galagovsky *et al.* (2003), así como el tipo de SPE que se abordó en los mismos, según Soubirón (2005).

## Resultados y análisis

El libro de Química de Educación Media seleccionado correspondió a *Hipertexto Santillana 1: Química (2010)*; con respecto al simulador, en el proceso de indagación se encontró y seleccionó *Interactive: Control a Haber-Bosch Ammonia Plant*. Para una mayor visualización de la SPE de ambos materiales se invita a

los lectores a consultar la página Annenberg Learner (2019) y el libro mencionado en las páginas 222, 223, 226 y 227.

En la Tabla 1, se visualiza la descripción y el análisis de contenido realizado a los materiales, así como los conceptos y/o temas que subyacen en los mismos; el tipo de SPE y las características:

Tipo de material	Conceptos y/o temas del equilibrio químico en los que se focaliza la SPE	Tipo de SPE que aborda el material según Soubirón (2005)	Descripción
Libro de texto	Reacción reversible, estados de agregación de las sustancias, rendimiento del proceso. Factores que modifican las condiciones del equilibrio (concentración, presión, temperatura, catalizadores). Componente termodinámico (entalpía). Velocidad de reacción. Cociente de reacción (Q). Constante de equilibrio ( $K_c$ y $K_p$ ). Análisis de gráficas tiempo vs concentración. Principio de Le Chatelier y perturbaciones al equilibrio.	Ejercicio práctico.	La SPE, ilustra la obtención de amoníaco a partir de una gráfica concentración vs tiempo –los reactivos indicados corresponden al $N_2(g)$ , $H_2(g)$ y como producto $NH_3(g)$ -. Posteriormente, se muestra la importancia de sintetizar productos de interés industrial, para luego enfocarse en el proceso Haber. Después, se mencionan los factores que pueden intervenir en el mismo (adición de reactivos, productos, catalizadores, influencia de la temperatura, desplazamientos del equilibrio). Se busca analizar la incidencia de dichos factores, en el rendimiento de la reacción. Luego, a través de una serie de preguntas el estudiante debe interpretar y argumentar alrededor de un concepto umbral, como es el de la constante de equilibrio; esto, al presentar una serie de experimentos donde se ilustran variaciones en las concentraciones tanto de reactivos como productos. Finalmente, la SPE plantea la resolución de ejercicios matemáticos asociados a la producción de amoníaco.

Tipo de material	Conceptos y/o temas del equilibrio químico en los que se focaliza la SPE	Tipo de SPE que aborda el material según Soubirón (2005)	Descripción
Simulador	<p>Historia del proceso Haber, su vinculación con el equilibrio químico, e importancia a nivel industrial, económico y social.</p> <p>Reacción reversible, estados de agregación, rendimiento del proceso.</p> <p>Efecto de las variables sobre el proceso de obtención de amoníaco (temperatura, presión, y adición de catalizadores).</p> <p>Velocidad de reacción.</p> <p>Principio de Le Chatelier y perturbaciones al equilibrio.</p>	Experimento ilustrativo.	<p>La interfaz del simulador le permite al usuario controlar variables como la temperatura, la presión, la velocidad de flujo, en la producción de amoníaco; esto, a nivel escala industrial simplificada. La SPE que guía el proceso, es estructurada desde dos versiones: (1) una guía orientadora acerca de la importancia a nivel social, económico e histórico del proceso Haber; (2) una hoja de trabajo, que muestra preguntas orientadoras derivadas del simulador y las variables que se pueden controlar; con el fin, de que el estudiante –desde un rol que se propone-, interprete, argumente e infiera el efecto de las variables sobre el proceso de obtención de amoníaco y el rendimiento de la reacción a nivel escala industrial simplificada; así, como el efecto a nivel económico que tienen las mismas. Además, la SPE sería propositiva en la medida que el estudiante puede combinar y modificar las variables, de tal modo que él –bajo el rol dado- puede evaluar el efecto de estas, y cuestionarse por las implicaciones del equilibrio en términos de producción. Adicionalmente, la SPE tendría una naturaleza argumentativa si le solicita al estudiante predecir el posible rendimiento, desde una combinación de variables, antes de correr la simulación.</p>

**Tabla 1.** Descripción de contenido de los materiales seleccionados, en cuanto a conceptos, tipo de SPE y características.

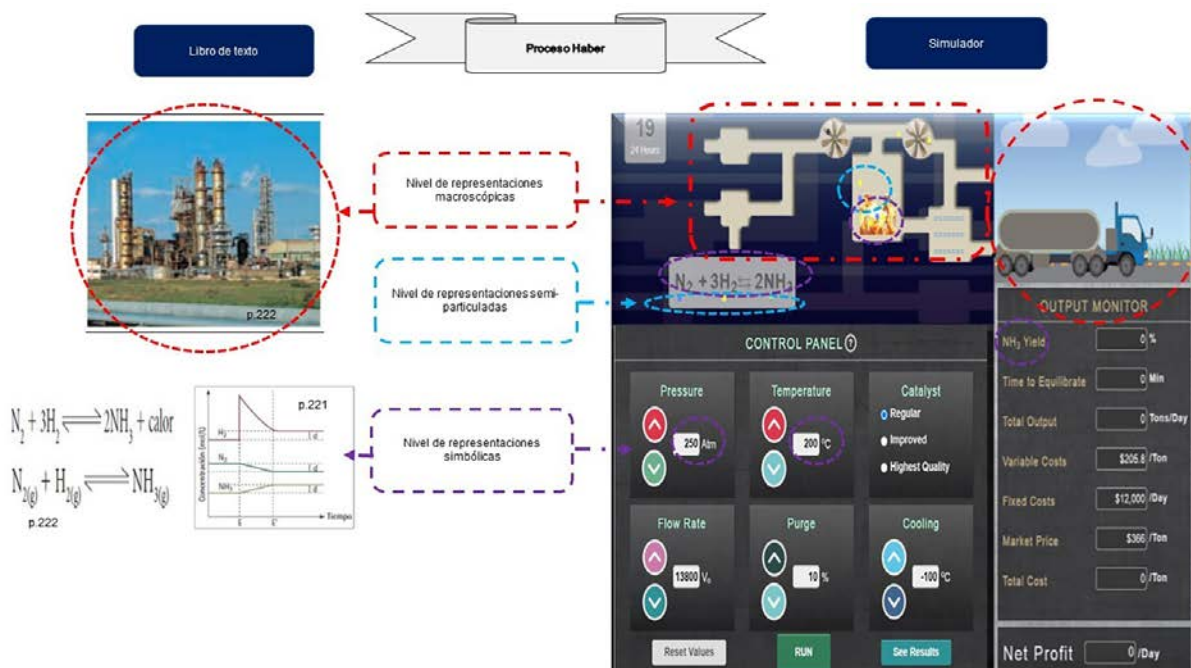
**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 2, así como en la Figura 3, se visualiza la descripción y el análisis de contenido realizado a los materiales entorno a las representaciones según Galagovsky *et al.* (2003) y algunas características.

Tipo de material	Representaciones según Galagovsky et al. (2003) que están presentes en el material		Descripción
Libro de texto	Macroscópica	Sí	Se presenta la imagen de una planta de producción de amoníaco.
	Simbólica	Sí	Se ilustra la ecuación química involucrada en la producción de amoníaco (sustancias, estados de agregación, símbolos químicos, flecha que indica reversibilidad, calor); así, como los cálculos matemáticos asociados a la constante de equilibrio (expresión de la $K_c$ y la $K_p$ , presiones y concentraciones de las sustancias). Asimismo, se muestra una gráfica del avance de la reacción en función del tiempo (eje x -tiempo-; eje y -concentración molar de las sustancias implicadas-).
	Semiparticulado	No	No se observó este nivel de representación.
Simulador	Macroscópica	Sí	Cuenta con imágenes de estructuras industriales simplificadas que están involucradas en el proceso de obtención de amoníaco (tanques de almacenamiento, tuberías, camiones cisterna).
	Simbólica	Sí	Presenta la ecuación química balanceada del proceso Haber, flechas de reversibilidad, magnitudes y unidades de medida de la presión, la temperatura. Asimismo, del porcentaje de rendimiento de obtención de amoníaco. El fuego, que se ilustra allí, representaría el cambio químico y el efecto de la temperatura sobre la producción de amoníaco.
	Semiparticulado	Sí	Ilustra la representación de los gases diatómicos, desde esferas unitarias de color azul -para el nitrógeno- y amarillo -para el hidrógeno-; en la reacción de éstas dos, se muestra la representación combinada de ambas esferas -dejando de mayor tamaño la esfera que representa el hidrógeno y el menor de nitrógeno-. Adicionalmente, al correr la simulación, se desprenden esferas de color negro, que no son elucidadas en el material.

**Tabla 2.** Descripción de contenido de los materiales seleccionados, en cuanto a las representaciones expuestas por Galagovsky *et al.* (2003).

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 3.** Niveles de representación encontradas en el libro de texto (izquierda) y simulador (derecha).

**Fuente.** Elaborado a partir de Mondragón *et al.* (2010) y Annenberg Learner (2019).

De acuerdo con lo reportado en la Tabla 1, en el libro de texto el proceso Haber es abordado como una SPE de tipo *ejercicio práctico*; a diferencia del simulador que la muestra como un *experimento ilustrativo*. Con relación a los conceptos y/o temas en los que convergen ambos materiales, se involucran la reacción reversible de la producción de amoníaco representada mediante una ecuación química, en la cual están los estados de agregación de los reactivos y productos.

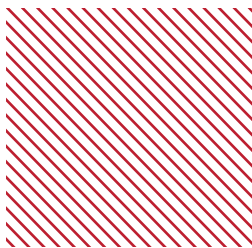
Adicionalmente, las variables que pueden influir en dicho proceso (temperatura, presión, catalizadores); y, por último, vinculan el principio de Le Chatelier, las perturbaciones y desplazamientos al equilibrio químico. Sin embargo, la presentación de dicha SPE en ambos materiales es diferente, pues, mientras el libro de texto incluye el uso de gráficos de concentración versus tiempo, incidencia de las variables expuestas en la Tabla 1, resolución de ejercicios matemáticos que involucran la constante de equilibrio desde una serie de preguntas cuyo fin es interpretar y argumentar la información brindada, el simulador, además de lo anterior, presenta un contexto histórico, que destaca la importancia del proceso Haber a nivel social, científico y económico.

También muestra una experimentación guiada que le permite al educando, a través de preguntas orientadoras, acercarse al proceso adoptando un rol protagonista en cuanto al manejo de una planta industrial de amoníaco, lo cual le permitiría analizar el efecto de las variables controladas y dar respuesta de las posibles combinaciones que se pueden realizar; esto, con el fin de obtener la mayor cantidad de amoníaco teniendo presente las implicaciones económicas. Como valor agregado, el simulador permite visualizar el efecto de los catalizadores de “baja, media y alta calidad” en el proceso de producción del amoníaco.

Con relación a lo expuesto en la Tabla 2, en primer lugar, la SPE del libro de texto analizado hace más énfasis en las representaciones simbólicas (por ejemplo -e.g.-, ecuación química reversible, estados de agregación, símbolos químicos, expresión matemática de la constante de equilibrio, gráfico de la concentración en función del tiempo), seguidas de las macroscópicas (e.g. planta de amoníaco) y no se muestra evidencia del nivel semiparticulado propuesto por Galagovsky *et al.* (2003). A diferencia del simulador, que proporciona elementos simbólicos (e.g. ecuación química reversible, magnitudes y unidades de medida, rendimiento), macroscópicos (e.g. estructuras de la planta de producción de amoníaco, tanques de almacenamiento, camiones cisterna) y semiparticulado (e.g. representación de las sustancias gaseosas involucradas en el proceso con un código de color específico) a un mismo nivel, es decir, sin favorecer algún nivel de representación particular.

Frente a lo expuesto anteriormente, el libro de texto contiene un capítulo dedicado exclusivamente al análisis del equilibrio químico, recurriendo en varias ocasiones a la obtención de amoníaco como ejemplo o fuente de preguntas. No obstante, el proceso Haber es presentado en el libro inmediatamente a través de una ecuación química que, como afirman Galagovsky *et al.* (2003), posee un código y un formato sintáctico particulares, sin hacer contextualización histórica alguna, lo que dificultaría aún más establecer la necesaria relación entre el mundo macroscópico que percibe el estudiante y las abstracciones que necesita para aproximarse al lenguaje experto. Se presenta la imagen de una planta de producción de amoníaco y la importancia de controlar variables asociadas al proceso, pero no su relevancia actual especialmente en países en vía de desarrollo como Colombia, que posee una agro-industria incipiente. A su vez, la SPE en el libro no presenta de forma adecuada la información estructurada en algunas preguntas orientadoras y ejercicios aplicativos que involucran tablas y gráficos. Aunque estas últimas hacen parte de las representaciones simbólicas del lenguaje químico, pueden hacer la diferencia entre una instrucción que se entiende y otra que no. Incluso con la correcta intervención del docente se tendrían que ‘asumir’ ciertos elementos para resolver el ejercicio práctico propuesto; es decir, el código usado en la SPE es confuso.





En contraste con el libro de texto, se destaca que el simulador incluye referencias históricas del proceso Haber, presentando el fenómeno dentro de un contexto más complejo; en términos de Quílez (2002), lo anterior cobra sentido en la medida de que el estudiante no visualiza una ciencia “acumulativa y lineal” sino con algunas de sus implicaciones a nivel histórico, social, cultural y económico. Asimismo, en la simulación se destaca el uso permanente de un lenguaje simbólico, propio de las ciencias, al realizar mediciones y tener la posibilidad de controlar variables que pueden afectar el rendimiento de la reacción; lo anterior, permitiría familiarizar a los estudiantes con el lenguaje científico, visto como un conjunto de códigos y convenciones de fácil comprensión para toda la comunidad. Por otro lado, en esta mediación virtual se emplean representaciones macroscópicas que están medianamente relacionadas con la realidad de la reacción química (por ejemplo, el fuego genera un aumento en la temperatura que desplaza el equilibrio hacia los reactivos y disminuye drásticamente el rendimiento de la reacción como puede comprobarse en la interfaz gráfica). Frente a ello, el educando puede asociar características perceptibles con afectaciones al proceso y con ello llegar a inferencias para mejorarlo.

A diferencia del libro, en el simulador se refleja el nivel semiparticulado; esto podría generar errores conceptuales en los estudiantes, al otorgar características perceptibles a las sustancias involucradas en el proceso junto con un código de colores que no corresponde a los establecidos por la comunidad científica. Además, dichas partículas presentan un comportamiento errático en la interfaz que no se puede explicar desde la misma reacción química; promoviendo la idea errónea de que hay residuos o sustancias que no son posibles de identificar, resultado de la producción de amoníaco.

## Conclusiones

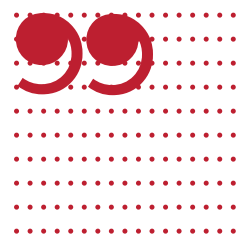
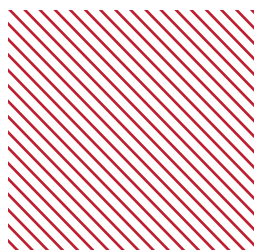
Partiendo del análisis realizado, se considera que los libros de texto algunas veces están estructurados en un nivel simbólico, así muestren realidades tangibles, pues, aunque presenten imágenes o fotografías del mundo macroscópico, para los estudiantes siguen siendo representaciones de fenómenos que no se perciben en el momento o que quizá nunca han visto. Lo mismo puede suceder incluso con los simuladores, tomando en cuenta que lo percibido visualmente por los estudiantes son representaciones del mundo macro y submicroscópico.

En cuanto al análisis realizado de las representaciones ilustradas en los materiales objeto de estudio, es posible concluir que existe preponderancia del nivel simbólico, seguido de un nivel macroscópico para el caso del libro; en el simulador, las representaciones macro, simbólico y semiparticulado tienen un mismo nivel de importancia.

Los niveles de representación permitirían tanto a docentes como estudiantes, elaborar reflexiones importantes sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje de educación en ciencias y particularmente de la Química, pues hay niveles representacionales que pueden ser importantes en la enseñanza y otros en el aprendizaje. Es posible que los profesores puedan diferenciar mejor los dos niveles propuestos por Galagovsky y colaboradores para moverse más fácilmente entre ellos debido a su formación inicial y continuada complementada con su experiencia en el aula. Por su parte, los estudiantes al tener una formación inicial en conceptos de ciencia no han reflexionado conscientemente sobre estos niveles y, por tanto, el tránsito de uno a otro probablemente sería más complejo. Si esto es detectado por el docente durante su intervención podría establecer estrategias de mejoramiento oportunas cuando esté enseñando los principios del equilibrio químico con ayuda de los libros de texto y los simuladores.

Por otro lado, desde la perspectiva de los autores, los materiales utilizados para la enseñanza de conceptos específicos de Química, que incluyan SPE podrían convertirse en alternativas didácticas para la enseñanza de aspectos relacionados con el equilibrio químico, que vinculen y articulen los diferentes niveles de representación dilucidados en este escrito.

Finalmente, los estudiantes al tener una formación inicial en conceptos de ciencia no han reflexionado conscientemente sobre los niveles de representación y, por tanto, el tránsito de uno a otro probablemente sería más complejo, surgiendo de forma inevitable un nivel semi particulado que podría generar errores conceptuales durante su formación académica. Esto último, puede ser detectado por el docente durante su intervención y con ello establecer estrategias de mejoramiento oportunas; asimismo frente al diseño de este tipo de material didáctico se debe promover la implementación de futuras propuestas de investigación en otras ramas y conceptos estructurantes de la Química, dada la importancia de los libros de texto en el aula y la creciente oferta de software y simuladores especializados dirigidos a la comunidad educativa.



## Referencias bibliográficas

- AnnenbergLearner(2019).*Interactive:ControlaHaber-BoschAmmoniaPlant*.<https://www.learner.org/series/chemistry-challenges-and-solutions/control-a-haber-bosch-ammonia-plant/>
- Aristizábal Fúquene, C., Pérez Miranda, R., & Gallego Badillo, R. (2009). Equilibrio Químico: Una propuesta investigativa para la formación inicial de profesores de química. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED, Número extraordinario*. <https://doi.org/10.17227/01203916.229>
- Braga Blanco, G., y Belver Domínguez, J. L. (2016). El análisis de libros de texto: una estrategia metodológica en la formación de los profesionales de la educación. *Revista Complutense de Educación*, 27(1), 199–218. [https://doi.org/10.5209/rev\\_RCED.2016.v27.n1.45688](https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2016.v27.n1.45688)
- Brown, T., LeMay, E., Bursten, B., & Burdge, J. (2004). Química, la ciencia central. Pearson Educación
- Cárdenas, F. A. (2006). Dificultades de aprendizaje en química: caracterización y búsqueda de alternativas para superarlas. *Ciência & Educação (Bauru)*, 12(3), 333-346. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=251019510007>
- Chang, R., & College, W. (2002). Química. McGraw Hill.
- Clair-Thompson, H., Overton, T. & Botton, C. (2010). Information processing: a review of implications of Johnstone's model for science education, *Research in Science & Technological Education*, 28(2), 131-148. <https://doi.org/10.1080/02635141003750479>
- Driel, J. H., & Gräber, W. (2002). The Teaching and Learning of Chemical Equilibrium. En J. K. Gilbert (eds.). *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, 271–292. DOI: [10.1007/0-306-47977-x\\_12](https://doi.org/10.1007/0-306-47977-x_12)
- Esteban Muñoz, J. A., y Riveros Toro, C. M. (2020). Propuesta de enseñanza con enfoque cts para la enseñanza de compuestos carbonílicos abordando una situación didáctica contextualizada y el uso de TPL con estudiantes de educación media del colegio cultura popular IED. *P.P.D.Q. Boletín*, (60). <https://doi.org/10.17227/PPDQ.2019.num60.11782>
- Esteban Muñoz, J. A., y Rodríguez Hernández, B. (2020). Desarrollo de habilidades para la vida y valores ambientales entorno a los objetivos del desarrollo sostenible y la gobernanza del agua: propuesta didáctica con enfoque CTSA abordando una cuestión socioambiental. *P.P.D.Q. Boletín*, (61). <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/PPDQ/article/view/13072>
- Fernández Palop, M. P. & Caballero García, P. Ángeles. (2017). El libro de texto como objeto de estudio y recurso didáctico para el aprendizaje: fortalezas y debilidades. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20(1), 201-217. <https://doi.org/10.6018/reifop/20.1.229641>

- Franco Moreno, R. A., y González Acosta, C. V. (2016). El equilibrio químico desde un ambiente de aprendizaje por investigación: una propuesta para el desarrollo de habilidades de pensamiento científico. *Revista Científica*, 26, 180–193. <https://doi.org/10.14483/issn.2344-8350>
- Galagovsky, L., Rodríguez, M. A., Stamati, N., & Morales, L. F. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química a partir del concepto de mezcla. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 107–121. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3945>
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). Introduction: Macro, Submicro and Symbolic Representations and the Relationship Between Them: Key Models in Chemical Education. En *Multiple Representations in Chemical Education, Models and Modeling in Science Education*, 1–8. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_1)
- Guzmán-Contreras, E. A., Mancera-Mendieta, H. A., & Esteban-Muñoz, J. A. (2021). Dinámicas científicas: de la teoría del flogisto a la teoría del oxígeno: Scientific dynamics: from phlogiston theory to oxygen theory. *Noria Investigación Educativa*, 2(8). <https://doi.org/10.14483/25905791.17958>
- Harford, T. y Crighton, B. (2016, 03 de diciembre). *Cómo el químico alemán Fritz Haber le dio y le quitó la vida a miles de personas*. BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-38107124>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education.
- Hill, J., & Petrucci, R. (1996). *General Chemistry*. Prentice Hall.
- Johnstone, A. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75–83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
- Johnstone, A. H., Sleet, R. J., & Vianna, J. F. (1994). An information processing model of learning: Its application to an undergraduate laboratory course in chemistry. *Studies in Higher Education*, 19(1), 77–87. <https://doi.org/10.1080/03075079412331382163>
- Katz, M. (2017). *La Química y sus contextos: El caso Fritz Haber*. [https://www.cancilleria.gob.ar/userfiles/2017/quimica\\_y\\_civilizacion\\_-\\_el\\_caso\\_fritz\\_haber\\_cap\\_9.pdf](https://www.cancilleria.gob.ar/userfiles/2017/quimica_y_civilizacion_-_el_caso_fritz_haber_cap_9.pdf)
- Linares, N., Romero, N., & Molina, J. (2015). Los Simuladores como Recurso Educativo ante las Consideraciones Alternativas del Equilibrio Químico en Estudiantes Universitarios. En Tortosa Ybáñez, M. T., Álvarez Teruel, J. D. y Pellín Buades, N. (coords.), *XIII Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria: nuevas estrategias organizativas y metodológicas en la formación universitaria para responder a la necesidad de adaptación y cambio* (pp. 883-895), Universidad de Alicante.

- Maestre, J. M., Rábago, J. L., Cimadevilla, B., Pedraja, J., del Moral, I., & Manuel-Palazuelos, J. C. (2020). La simulación como herramienta para facilitar la adaptación de la organización sanitaria a la pandemia de COVID-19. *Educación Médica*, 22(1). <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2020.08.001>
- Martínez Díaz, J. M. (2018). *Situaciones problemáticas experimentables: una alternativa didáctica hacia la promoción de conocimientos declarativo, procedimental y funcional en profesores en formación inicial* [Trabajado de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/9336>
- Maya, M., Barbosa, L., Navarrete, G., García, L., & Rodríguez, L. (2016). *Proyecto saberes Química 10*. Editorial Santillana.
- Moncaleano, H., Furió, C., Hernández, J., y Calatayud, M. L. (2003). Comprensión del equilibrio químico y dificultades en su aprendizaje. *Enseñanza de Las Ciencias, Número extra*, 111–118.
- Mondragón, C., Peña, L., Sánchez, M., Arbeláez, F., & González, D. (2010). *Hipertexto Santillana 1: Química*. Santillana.
- Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R., y Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación Química*, 25(1), 46–55. [10.1016/s0187-893x\(14\)70523-3](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(14)70523-3)
- Parga, D. L. (2018). Investigaciones en Colombia sobre libros de texto de química: análisis documental. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (44), 111–128. <https://doi.org/10.17227/ted.num44-8992>
- Parga, D. L., & Martínez, D. A. (2015). ¿Hay contenidos CTSA en los libros de texto de química? *Praxis & Saber*, 6(11), 15–42. <https://doi.org/10.19053/22160159.3572>
- Pietro, G. (2018, 24 de septiembre). *La ciencia y la guerra: la historia del químico Fritz Haber*. Revista Semana. <https://www.semana.com/periodismo-cultural---revista-arcadia/articulo/la-ciencia-y-la-guerra-la-historia-del-quimico-fritz-haber/71148/>
- Proksa, M., Drozdikova, A., Halakova, Z. (2018). Learners' Understanding of Chemical Equilibrium at Submicroscopic, Macroscopic and Symbolic Levels. *Chemistry Didactics Ecology Metrology* 23(1-2), 97-111. <https://doi.org/10.1515/cdem-2018-0006>
- Quílez, J. (2002). Aproximación a los orígenes del concepto de equilibrio químico. Algunas implicaciones didácticas. *Educación Química*, 13(2), 101–112.
- Quílez, J. (2006). Análisis de problemas de selectividad de equilibrio químico: errores y dificultades correspondientes a libros de texto, alumnos y profesores. *Enseñanza de Las Ciencias*, 24(2), 219–240. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3802>
- Ramos, A. (2020). Enseñar Química en un mundo complejo. *Educación Química*, 31(2), 91-101. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.2.70401>



- Raviolo, A. (2007). Implicaciones didácticas de un estudio histórico sobre el concepto equilibrio químico. *Enseñanza de Las Ciencias*, 25(3), 415–422. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3705>
- Raviolo, A. (2010, 9-11 junio). *Simulaciones en la enseñanza de la Química* [Conferencia]. VI Jornadas Internacionales y IX Jornadas Nacionales de Enseñanza Universitaria de la Química, Santa Fe, Argentina. [www.cvrecursosdidacticos.com/web/repository/1369940071\\_ConferenciaSimulacionesRaviolo.pdf](http://www.cvrecursosdidacticos.com/web/repository/1369940071_ConferenciaSimulacionesRaviolo.pdf)
- Rojas Caipa, A. M. y Torres García, L. M. (2016). *Situaciones Problemáticas Experimentables (SPE), en el desarrollo de competencias científicas como eje articulador el equilibrio químico* [Tesis de Maestría, Universidad Pedagógica Nacional]. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/291>
- Soubirón, E. (2005). *Las Situaciones Problemáticas Experimentables (SPE) como alternativa metodológica en el aula*. [http://campus.usal.es/~ofees/NUEVAS\\_METODOLOGIAS/ABP/SPE.pdf](http://campus.usal.es/~ofees/NUEVAS_METODOLOGIAS/ABP/SPE.pdf)
- Vega-Rodríguez, A. (2020). *Del laboratorio al aula virtual y simuladores*. *Educación Química*, 31(5), 126-128. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/77287/68604>

## Notas

- <sup>1</sup> Mg. en Docencia de la Química, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia. Investigador, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: jaestebanm@upn.edu.co; jestebanm@unal.edu.co. ORCID: [0000-0003-1158-4091](https://orcid.org/0000-0003-1158-4091)
- <sup>2</sup> Mg. en Docencia de la Química, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia. Docente en Secretaría de Educación de Cundinamarca, Tocancipá, Colombia. Correo electrónico: hamanceram@upn.edu.co. ORCID: [0000-0002-3099-5788](https://orcid.org/0000-0002-3099-5788)
- <sup>3</sup> Mg. en Docencia de la Química, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia. Docente en Secretaría de Educación de Cundinamarca, Nocaima, Colombia. Correo electrónico: eaguzmanc@upn.edu.co ORCID: [0000-0003-3527-2340](https://orcid.org/0000-0003-3527-2340)

