

---

## CRITERIOS DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA UTILIZANDO SIMULADORES PhET ASOCIADOS A EXPERIENCIAS DE LABORATORIO PARA LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

**Autores.** Autores. Andis Rafael Pacheco Aguilar<sup>1</sup>. Danny José Lorduy Flórez<sup>2</sup>. Julio César Páez García<sup>3</sup>. Universidad de Córdoba, Colombia<sup>1,2,3</sup>. Grupo de Investigación en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, GICNEA. Universidad de Córdoba, Colombia<sup>1,2,3</sup>. Correos: [dlorduyflorez@correo.unicordoba.edu.co](mailto:dlorduyflorez@correo.unicordoba.edu.co)<sup>1</sup>; [apachecoaguilar@correo.unicordoba.edu.co](mailto:apachecoaguilar@correo.unicordoba.edu.co)<sup>2</sup>; [juliopaez@correo.unicordoba.edu.co](mailto:juliopaez@correo.unicordoba.edu.co)<sup>3</sup>

**Tema.** Eje temático 1.

**Modalidad.** 2. Nivel educativo: Educación secundaria.

**Resumen.** Este estudio tuvo como objetivo establecer los criterios para una secuencia didáctica utilizando simuladores PhET asociados a prácticas de laboratorio para la enseñanza de fenómenos químicos en educación media. La investigación fue cualitativa, según el paradigma interpretativo, basada en la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia (TCAM) y el análisis del contenido cualitativo (ACC). Los resultados mostraron que la metodología implementada por los profesores en ejercicio permitió promover aprendizajes más estructurados, debido a que los estudiantes reconstruyeron sus saberes iniciales durante la aplicación de las actividades simuladas. Finalmente, la secuencia didáctica propuesta es útil como base para la enseñanza-aprendizaje de fenómenos químicos, pues asocia sinérgicamente las actividades de simulación y modelización con la experimentación de fenómenos, generando modelos mentales más focalizados en los estudiantes y aprendizajes profundos.

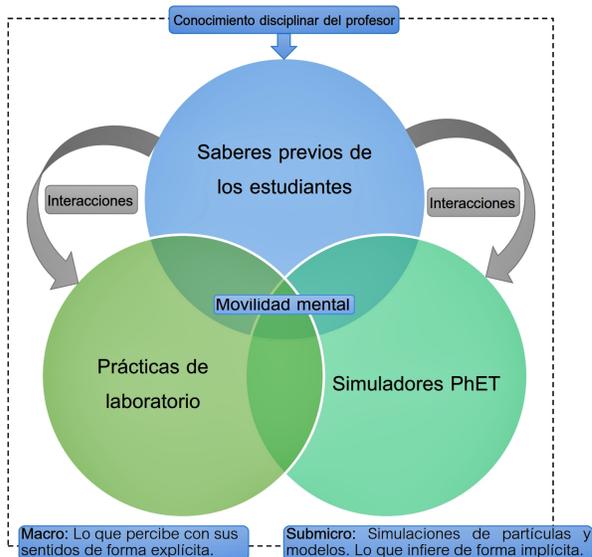
**Palabras claves.** Secuencia didáctica, Simuladores PhET; Enseñanza de la química; Formación de profesores de Ciencias.

### Introducción

Las simulaciones son recursos que permiten, a partir de la modelización, representar un fenómeno químico, mediante software que logre mediar las interacciones operativas con el sistema de estudio. Asimismo, logran la evaluación de situaciones que algunas veces en el mundo “real” no son posibles percibir, por lo cual conforman una herramienta válida para ser incorporada en el proceso de enseñanza de las ciencias experimentales. En este sentido, la importancia de la incorporación de las simulaciones en la enseñanza de las ciencias logra destacarse desde el punto de vista científico y educativo (Raviolo, 2019). Desde el aspecto científico, brindan al estudiante información sobre sistemas complejos, procesos experimentales, fenómenos naturales y permiten su estudio a partir de la manipulación de laboratorios virtuales. Desde el punto de vista educativo, permite a los profesores y estudiantes ser parte de la vivencia del fenómeno natural, mediando la enseñanza y aprendizaje de conceptos, mediando el desarrollo tanto de capacidades como de competencias. Desde el punto de vista educativo, pueden propiciar modelos mentales subyacentes más estructurados en los estudiantes, a partir de las representaciones de conceptos científicos, permitiendo desarrollar la capacidad de establecer relaciones e interacciones entre sus aprendizajes y su contexto (Freire et al., 2019). Estos vínculos pueden manifestarse en formas verbales, gráficas, matemáticas, representaciones experimentales o animaciones teniendo en cuenta cada representación química (Galagovsky et al., 2014).

Por lo anterior, es habitual que los profesores pidan a los estudiantes que imaginen situaciones abstractas en las que se están produciendo transformaciones o reacciones entre sustancias. Imaginar el fenómeno solo desde su habla, generando consecuentemente dificultades en el proceso de aprendizaje. Por lo tanto, resulta poco probable que sean capaces de relacionar el habla con el fenómeno que ocurre a nivel particulado (submicro) y explicar sus interacciones con los niveles macro y simbólico. En este sentido, el uso de recursos computacionales como las simulaciones virtuales representa una alternativa viable para habilitar estas visualizaciones e interacciones, contribuyendo al proceso de aprendizaje de conceptos Químicos. Es por ello que, desde el punto de vista de la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia (TCAM) (Raviolo, 2019) y el uso de recursos digitales como los simuladores PhET, se pretende establecer criterios para una secuencia asociada a prácticas de laboratorio durante la enseñanza de la química en educación media. Lo anterior se esquematiza en la gráfica 1 y muestra el aporte al proceso de enseñanza y aprendizaje de fenómenos químicos, cuando se integra sinérgicamente recursos tecnológicos en la educación en ciencias, permitiendo una movilidad mental consciente entre lo observable por el estudiante y las visualizaciones simuladas de representaciones más abstractas (submicro) (Lorduy & Naranjo, 2020a, 2020b).

Gráfico 1. Esquema de movilidad mental a partir de la implementación de simuladores y prácticas de laboratorio.



Fuente: Elaboración por los autores (2020).

Las representaciones abstractas pueden ser consideradas una de las más utilizadas por los docentes en las instituciones de educación media y superior (Lorduy & Naranjo, 2020a). Por lo que, se hace necesario que el aprendizaje se sitúe inicialmente desde los saberes previos del estudiante, los cuales son representaciones preconcebidas a partir de la experiencia sensorial directa. Por lo que, el uso de prácticas de laboratorio puede propiciar representaciones macro, a partir de la observación directa de un fenómeno. En virtud de lo anterior, la presente investigación gira entorno al siguiente interrogante principal: *¿Cuáles son los criterios necesarios para el diseño de una secuencia didáctica utilizando simuladores PhET asociados a prácticas de laboratorio para la enseñanza de fenómenos químicos en educación media?*



**Lema.**

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la formación de profesores.

---

## Referente teórico

### Enseñanza multimedia mediante simulación y prácticas de laboratorio

El uso de recursos computacionales como las simulaciones virtuales representa una alternativa viable para permitir visualizar y representar entidades submicro, contribuyendo así al proceso de aprendizaje de fenómenos químicos (Raviolo, 2019). Estos permiten modelar fenómenos del mundo "real" y la reconstrucción de saberes de forma continua, en donde el estudiante participa activamente en el proceso, construyendo conceptos a partir de la manipulación e interacción de dichos recursos. Por tanto, apoyado por la TCAM y el uso de recursos digitales como los simuladores PhET asociados a prácticas de laboratorio se contribuye significativamente al proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Mayer, 2019; Raviolo, 2019). Proporcionando a los estudiantes un sistema de procesamiento de información visual y verbal en el que el lenguaje científico del profesor, ingresan a través de sistemas verbales y visuales a través de simulaciones (Mayer, 2019).

#### Simuladores PhET y el aprendizaje de fenómenos Químicos

Desde el punto de vista de la didáctica de la química, el lenguaje científico es complejo para los estudiantes, pues constituye un conjunto de códigos y normas establecidas, muy diferenciado de su lenguaje cotidiano (Galagovsky et al., 2014; Lorduy & Naranjo, 2020a). Por lo que, resultaría apropiado utilizar simuladores PhET mediado por el conocimiento disciplinar del profesor, reduciendo los errores conceptuales y procedimentales durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de fenómenos químicos. Este tipo de simuladores ayudan a complementar el aprendizaje conceptual de la química dejando a un lado la enseñanza tradicional (Lorduy & Naranjo, 2020b; Raviolo, 2019). Por esta razón, cuando se utilizan los simuladores PhET, como herramienta didáctica en las clases de química, se obtiene como principal resultado el desarrollo del pensamiento científico del estudiante (Valdez, 2017).

## Metodología

Este estudio se realizó bajo una perspectiva cualitativa, según el paradigma interpretativo, basada en la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia (TCAM), el cual establece que se aprende profundamente una información si es presentada con palabras e imágenes, más que con palabras, permitiendo fomentar el aprendizaje (Raviolo, 2019). Se utilizaron cuatro entrevistas en profundidad y guías de observación no participante durante la aplicación de las prácticas de laboratorio y se utilizó análisis del contenido cualitativo (ACC) (Lorduy & Naranjo, 2020a). Esta última se utilizó para la recopilación de datos, no basándose únicamente en ver o escuchar, sino en examinar los hechos o fenómenos que se estudiaron.

#### Población participante y contexto de investigación

En esta investigación participaron 40 estudiantes de grado décimo y dos docentes de la Institución Educativa Francisco José de Caldas, ubicada en el municipio de Momil, Córdoba, Colombia. La elección de la institución siguió los criterios necesarios para la realización de la investigación, la cual debía contar con una sala de informática en funcionamiento y autorización de la dirección para realizar las actividades, junto con el docente responsable del componente curricular de química en la institución. La edad, el nivel socioeconómico y el género no se tomaron en cuenta en la investigación, pero es importante saber que la comunidad escolar involucrada en este estudio tiene una variedad de tipos de estudiantes, personalidades, pensamientos y culturas.

#### Técnica de Análisis de datos

En el análisis de los datos recolectados en las guías de entrevista, grabaciones y hojas de respuesta de los estudiantes, se utilizó la técnica de Análisis de Contenido Cualitativo (ACC) (Krippendorff & Bock, 2009; Lorduy & Naranjo, 2020a). Esta es

una técnica a partir de un conjunto de instrumentos y métodos basados en los discursos y su contenido, que pueden ser verbalizado o escrito, identificando las inferencias de lo que se desea analizar. Esta técnica permitió el tratamiento de los datos obtenidos de las entrevistas, permitiendo encontrar significados de un documento determinado, comprendiendo los contenidos a partir de palabras, textos, imágenes, discursos y otras fuentes de datos para su análisis. Esta técnica tiene sus bases en la teoría fundamentada (Glaser & Strauss, 1967). Los datos de este estudio fueron obtenidos a partir de respuesta dadas por los estudiantes a través de guías de entrevista en material impreso, durante 3 clases de aproximadamente 2 horas cada una y fueron analizados con el software Atlas ti, versión 8.4. Para lograr los objetivos propuestos en el ACC se siguieron los pasos propuestos por la técnica: I) preanálisis, II) tratamiento e interpretación de resultados y III) Triangulación de la información.

## Resultados y discusión

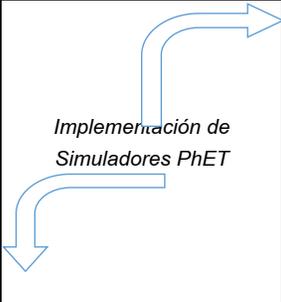
A partir de las entrevistas y observación no participante durante la práctica de laboratorio sobre ácidos y bases químicas, se pudo indagar en los estudiantes los saberes previos de los estudiantes acerca de este contenido en particular. Al iniciar la investigación, se evidenció que más del 50% de los estudiantes participantes presentaban desempeños bajos, sintiéndose desmotivados durante el desarrollo de las clases de química y presentaban las actividades con el único propósito de aprobar la asignatura. La experiencia de laboratorio se introdujo por exposición oral sobre ácidos y bases, partió de la siguiente actividad: indagar el pH de sustancias cotidianas, clasificarlas según su carácter ácido o básico. Así, los estudiantes se organizaron en cuatro grupos (G1, G2, G3 y G4) de cinco estudiantes (E1, E2, E3, E4, E5), permitiendo distintas perspectivas en donde se compararon y discutieron las respuestas encontradas con los datos obtenidos en clase.

Los resultados mostraron, en esta primera etapa que, la mayoría de las respuestas de los estudiantes de cada grupo presentaban definiciones y representaciones con errores conceptuales de la siguiente manera: "El ácido como algo malo y la base como algo bueno" (E1); "Las fórmulas que tienen H son ácidas y las que tienen O y H son bases" (E3); "Ácido de sabor amargo, irrita los ojos y la boca" (E2). Se observó que existe una clasificación de las sustancias en términos de sus elementos, sin embargo, no pueden diferenciar el elemento Hidrógeno del ion  $H^+$  y  $OH^-$ . Asimismo, las representaciones se limitaron a propiedades explícitas del sistema de estudio, como el tipo de elemento o lo que perciben con sus sentidos. Por lo anterior, es posible deducir que no infieren sobre las propiedades implícitas de las sustancias, como energías de enlaces o el tamaño de los átomos y menos del 50% de los estudiantes lograron entender y explicar lo que ocurre en la experiencia. En cuanto al profesor, se observó que, imparte la experiencia de laboratorio de ácido-base en función de teorías (Arrhenius), utilizando el lenguaje para describir el comportamiento de una sustancia con una característica ácida o básica. Sin embargo, genera dentro su discurso, una movilidad mental obligatoria entre las representaciones macro y submicro del sistema de estudio. Sobre este aspecto, es notable que, el profesor imparte sus conocimientos a partir de cursos con contenidos meramente disciplinarios, por lo que su preparación pedagógica y didáctica es resultado de su participación en cursos de educación con carácter general (Talanquer, 2018). Asimismo, los estudiantes relacionaron las propiedades de las sustancias en términos de sus cantidades, tamaños proporciones y dimensiones. Así, algunos estudiantes afirmaron: "si está en pequeñas cantidades no es dañino, ya que algunos alimentos, por ejemplo, las frutas, son ácidos". (E4); "Según el ácido, en pequeñas cantidades, se pueden utilizar en alimentos como el vinagre". (E2). En este sentido, es necesario un enfoque de enseñanza menos compacto y más integrado basado en asociaciones con la realidad y el conocimiento químico y no solo con los objetivos y contenidos alejados de lo necesario para la formación de los estudiantes (Talanquer, 2018).

### Aplicación de simuladores PhET en educación química

Posteriormente a la práctica de laboratorio, teniendo en cuenta la misma práctica, el profesor mostró simulaciones, a fin de visualizar virtualmente, cómo se “comportan” los átomos y las moléculas en determinadas condiciones. Los resultados obtenidos en este punto (tabla 1), muestra que se minimizaron las dificultades que presentaban los estudiantes en la experiencia de laboratorio. Por tanto, se pudo relacionar estos saberes previos con la necesidad de modelar fenómenos a nivel submicro con la ayuda del simulador. Asimismo, los estudiantes se cuestionaban el comportamiento de las sustancias observando los modelos moleculares y la función de sus cargas. De la siguiente forma: “El vómito que es una sustancia ácida al agregar agua, su pH, que era 2.0, pasa a 2.8, y su concentración de  $H^+$  disminuye y la de  $OH^-$  aumenta” (E4). A partir de los discursos de los estudiantes E2, E1 y E3 se puede observar que, son capaces de relacionar el cambio de pH con la concentración de los respectivos iones  $H^+$  y  $OH^-$ . Así, las representaciones de las sustancias en química, que a menudo son abstractas, a través de recursos gráficos disponibles en computadoras permiten una nueva forma de construir conocimiento en las clases de química. El principio de la TCAM utilizado para analizar este paso, fue la modalidad en la que los estudiantes aprenden mejor cuando el uso de multimedia está relacionado con una narración, debido a que en ese momento sus sentidos para asociarlos a la narración del procedimiento a realizar, asistiendo al proceso de aprendizaje (Mayer, 2019).

Tabla 1. Aprendizajes progresivos percibidos en los estudiantes

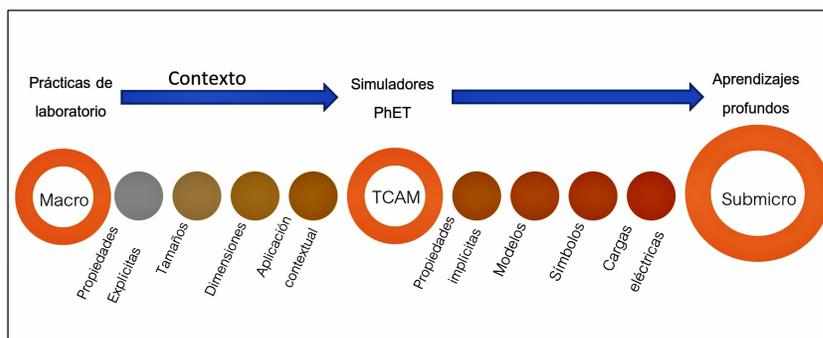
Saberes previos (Diagnóstico) Experiencias de laboratorio		Aprendizajes más estructurados Experiencias simuladas
Poco uso de modelos para representar conceptos químicos. Dificultad en el uso de los niveles representacionales en química y saltos indiscriminados de un nivel representacional a otro en los procesos de aprendizaje.	 <p>Implementación de Simuladores PhET</p>	Aprendizajes más enfocados en la explicación de los fenómenos expuestos en las simulaciones Estructura lógica del concepto a partir de modelos mentales y uso del lenguaje para transferirlo.

Fuente. Elaboración de los autores (2020).

En virtud de las consideraciones anteriores, se plantea una ruta metodológica para la enseñanza del concepto de ácidos y bases químicas, teniendo en cuenta la incorporación de simulaciones, que permitan al profesor mediar la enseñanza a través de una profundización consciente de los contenidos impartidos, desde las representaciones macro y explícitas de los estudiantes. Lo anterior permite que el estudiante vincule sus saberes previos con los nuevos conocimientos aprendidos, hasta las representaciones submicro e implícitas del sistema de estudio. En tal sentido, los estudiantes durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química ya tienen saberes previos sobre varios conceptos (Galagovsky et al., 2014). Estos pueden tener orígenes en el entorno social, en la experiencia de vida, en los valores enseñados por la familia o la escuela, por lo que, los docentes los utilizan en el aula para promover y reorganizar conceptos existentes y dar sentido a nuevos conceptos. que se presentan en situaciones de enseñanza. Tales ideas también corroboran con la TCAM, que considera los saberes previos como parte esencial en la construcción y reconstrucción del conocimiento (Raviolo, 2019). La gráfica 2 muestra la ruta metodológica, teniendo en cuenta la implementación de los simuladores PhET como medio entre las

representaciones macro y submicro. Además, se especifican los criterios obtenidos en este estudio, para la conformación de la secuencia didáctica interactiva.

Gráfico 2. Criterios para la secuencia didáctica simulada



Fuente. Elaboración de los autores (2020).

### Conclusiones e implicaciones didácticas

Los criterios obtenidos en esta investigación permitieron proponer los elementos diferenciadores para una secuencia didáctica que cumplan con las formas de representar fenómenos químicos contextuales. La incorporación de simuladores PhET como recurso didáctico asociado a las prácticas de laboratorio, se sustentó en algunos de los principios del TCAM. La búsqueda en cada momento dinamizó el proceso de enseñanza y aprendizaje mediante la provisión de un aprendizaje multimedia, teniendo en cuenta los procesos cognitivos de los estudiantes. Además, este estudio permitió aportar una propuesta didáctica que involucró los usos y correcta interpretación de las distintas representaciones. La investigación proporciona a los estudiantes y profesores de Ciencias, nuevas formas de interactuar con conceptos de química. Sin embargo, el uso de simulaciones no garantiza que los estudiantes aprendan, por lo que es necesario delinear objetivos y estrategias que permitan esta integración y que puedan ser coherentes con sus metodologías de enseñanza.

### Referencias bibliográficas

- Freire, M., Talanquer, V., & Amaral, E. (2019). Conceptual profile of chemistry: a framework for enriching thinking and action in chemistry education. *International Journal of Science Education*, 41(5), 674–692. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1578001>
- Galagovsky, L. R., Bekerman, D., Giacomo, M. A., & Di Alí, S. (2014). Algunas reflexiones sobre la distancia entre “hablar química” y “comprender química.” *Ciência & Educação (Bauru)*, 20(4), 785–799. <https://doi.org/10.1590/1516-73132014000400002>
- Glaser, B., & Strauss, G. (1967). The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research. *American Journal of Sociology*, 73, 773–774.
- Krippendorff, K., & Bock, M. A. (2009). *The Content Analysis Reader*. Sage Publications.



Bogotá, 13 a 15 de octubre de 2021  
Modalidad On Line – Sincrónico

Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED. Año 2021. Número Extraordinario. ISSN impreso 0121-3814. E-ISSN 2323-0126.  
Memorias del IX Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias.

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la formación de profesores.

- 
- Lorduy, D. J., & Naranjo, C. P. (2020a). Percepciones de maestros y estudiantes sobre el uso del triplete químico en los procesos de enseñanza-aprendizaje. *Revista Científica*, 39(3), 324–340. <https://doi.org/10.14483/23448350.16427>
- Lorduy, D. J., & Naranjo, C. P. (2020b). Tecnologías de la información y la comunicación aplicadas a la educación en ciencias. *Praxis & Saber*, 11(27), e111177. <https://doi.org/10.19053/22160159.v11.n27.2020.11177>
- Mayer, R. E. (2019). How multimedia can improve learning and instruction. In *The Cambridge Handbook of Cognition and Education* (pp. 460–479). <https://doi.org/10.1017/9781108235631.019>
- Raviolo, A. (2019). Imágenes y enseñanza de la Química. Aportes de la Teoría cognitiva del aprendizaje multimedia. *Educación Química*, 30(2), 114. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.2.67174>
- Talanquer, V. (2018). Formación docente ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química? *Educación Química*, 15(1), 52. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.1.66216>
- Valdez, D. (2017). *Uso didáctico de Phet Simulaciones Interactivas, para la comprensión de los estados de la materia en la ciencia físico-química*. <http://ria.utn.edu.ar/handle/123456789/1836>