

# Diseño de un material didáctico multimedia de laboratorio de química orgánica

Santiago Valbuena-Rodríguez & Miguel Ángel Navarro-Ramírez

*Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia. svalbuena@unillanos.edu.co;  
miguel.navarro@unillanos.edu.co*

## Resumen—

En este estudio se propone el desarrollo de un material digital de laboratorio de química orgánica, a partir de un diseño pedagógico para promover la integración entre teoría y práctica, favorecer el aprendizaje de conocimientos científicos y pensamiento crítico. Se ha evidenciado que para que se produzca un eficaz apoyo en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, el desarrollo de materiales digitales o software educativo, debe ser basado en los principios pedagógicos y no en las metodologías comunes de este tipo de recurso. La resolución de problemas se aplicó en el diseño pedagógico. El papel del docente en el diseño de interfaz de los contenidos muy creativos, innovadores, dinámicos, interactivos, flexibles, con el apoyo de la tecnología, a partir de las necesidades de aprendizaje, una evaluación de objetivos de aprendizaje rica en animaciones y simulaciones, es fundamental para estimular el protagonismo del alumno.

**Palabras Clave—** Diseño, pedagogía, Aprendizaje, multimedia, situación problemática.

Recibido:

Recibido: 14 de abril de 2016. Revisado: 12 de mayo de 2016.

Aceptado: 24 de mayo de 2016.

## Design of didactic multimedia materials of organic chemistry laboratory

### Abstract—

In this work, the development of a digital material for the organic chemistry laboratory is proposed. This is planned from a pedagogical design in order to increase the integration between theory and practice; promote the learning of scientific knowledge and critical thinking. It has been shown that in order to produce an effective support in the process of teaching and learning of science, the development of digital materials or educational software, must be based on the pedagogical principles instead of common methodologies for this kind of resource. Problem solving was applied in the pedagogical design. The role of professors in the interface design of very creative, innovative, dynamic, interactive and flexible contents, with the support of technology, from the learning needs, an evaluation of the learning objectives full of animations and simulations, is essential in order to stimulate the role of the student.

**Keywords—** Design, pedagogy, learning, multimedia, problem situation.

## 1. Introducción

De acuerdo a [1], existen cuatro estilos diferentes de instrucción en el laboratorio que se han aplicado en la historia de la enseñanza de la química: el expositivo o tradicional, el realizado por descubrimiento, el basado en problemas y a través de la

investigación. Las prácticas tradicionales o expositivas son muy criticadas porque solo permiten el desarrollo de procesos cognitivos de bajo orden (conocimiento, comprensión y aplicación), las cuales presentan la característica de que el docente dirige todo el trabajo del laboratorio a través de unas guías, en las que se encuentran los objetivos, el procedimiento y los resultados, ya están predeterminados, por eso son consideradas como recetas de cocina. En este escenario el estudiante es completamente pasivo, sumando sus dificultades en el aprendizaje de muchos conceptos químicos y que no puede diferenciar entre el mundo microscópico y el macroscópico, se genera un gran obstáculo epistemológico para el aprendizaje de las ciencias [2].

En oposición a la forma tradicional de trabajo en el laboratorio [3], afirman que las prácticas experimentales que pueden permitir el desarrollo de la capacidad de análisis, la síntesis y la evaluación (procesos cognitivos de alto orden), son aquellas que están basadas en actividades como la resolución de problemas y la investigación. [4,5] resaltan que las actividades prácticas planteadas como situaciones problemáticas o problemas a resolver son una estrategia que puede generar cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales, con el desarrollo de habilidades de pensamiento y la creatividad en el estudiante.

Específicamente en química, la estrategia didáctica de la resolución de situaciones problemáticas aplicada en el laboratorio muestra que los estudiantes presentan actitud positiva hacia la ciencia, desarrollo de la capacidad creativa, autonomía cognoscitiva y la asimilación de conceptos [6], siempre y cuando se conviertan los problemas cerrados o de respuesta única, en situaciones abiertas con una amplia posibilidad de respuestas que le permitan al estudiante promover su ingenio y tener una visión real de la ciencia [7].

Según [8], la actividad experimental es un componente clave en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, pero que requiere de una reorientación por lo que constituye una línea de investigación importante en didáctica de las ciencias.

Por su parte [9], destaca que existen nuevas formas de aprender, una de estas opciones la ofrecen las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), las cuales permiten a los estudiantes aprender en diferentes contextos y medios, y que a

través de la investigación se podría comprender cómo se realizaría el aprendizaje por la combinación de texto, lenguaje hablado, imágenes, animaciones, videos, simulaciones, en ambientes naturales y entornos virtuales.

Los materiales educativos digitales son recursos innovadores que integran el componente tecnológico y pedagógico, para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje. El problema que se presenta con estos recursos digitales en el caso de la enseñanza de las ciencias experimentales es que adolecen de la integración de la tecnología y la pedagogía, así como de la falta de apoyo a la integración de la teoría y la práctica, citando como ejemplos los laboratorios virtuales de química el Model ChemLab según [10,11].

Por otra parte, la experiencia de trabajo como docente del laboratorio de química orgánica en la Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia, nos muestra que los estudiantes presentan grandes dificultades en la parte práctica, por ejemplo para hacer o armar los montajes de las destilaciones de tipo simple, fraccionada, por arrastre de vapor, reflujos como el soxhlet, sumado a esto, no se reportan materiales digitales educativos ni software educativo de laboratorio de química orgánica a nivel internacional ni en nuestro país para favorecer la integración de esta ciencia, por lo que surge la necesidad del diseño de recursos con fines didácticos para favorecer el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Por la situación expuesta, el objetivo de este estudio se centró en el diseño y desarrollo de un material didáctico multimedia de laboratorio de química orgánica, basado en el componente pedagógico, con la estrategia didáctica de las situaciones problemáticas y la integración de la multimedia con imágenes, videos, animaciones, simulaciones y evaluación, para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

## 2. Metodología

El proyecto de investigación en esta etapa contempló el diseño y desarrollo de un material didáctico multimedia (MDM) de laboratorio de química orgánica, con la evaluación por parte de los estudiantes, que fueron los usuarios potenciales de este recurso.

### 2.1. Lineamientos del diseño del material didáctico multimedia

En la Fig. 1, se representa de forma general la propuesta del diseño del material didáctico multimedia de laboratorio de química orgánica producido, con sus partes principales que son: la pedagogía, la didáctica, los contenidos y la tecnología. En el componente pedagógico se definió claramente el papel que desempeñó el docente como orientador del proceso de enseñanza y aprendizaje, quien desde su creatividad, formuló una secuencia de contenidos con objetivos teniendo en cuenta las dificultades de aprendizaje, en una interfaz amigable, agradable e interactiva rica en multimedia, con el fin de generar un ambiente adecuado para que el alumno pudiera hacer autoaprendizaje y desempeñarse activamente. En esta parte el docente quien fue el experto en contenidos se apoyó por el pedagogo y el ingeniero desarrollador.

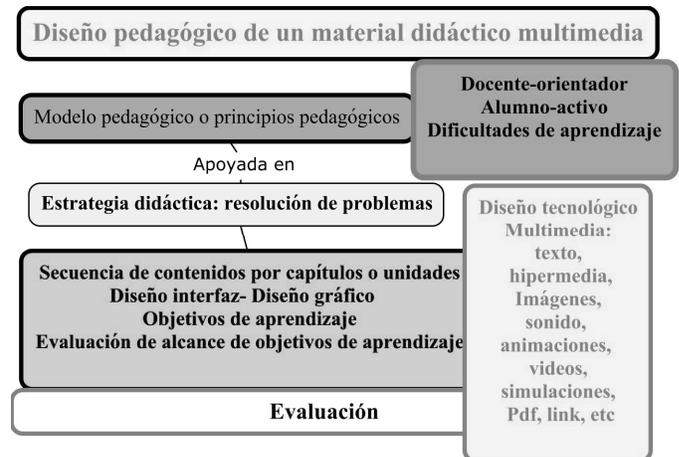


Figura 1. Componentes del diseño pedagógico de un MDM.  
Fuente: Los autores.

La estrategia didáctica que se aplicó para evaluar el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje, fue la resolución de problemas. La didáctica en esta parte regula directamente el diseño de los contenidos e integra la tecnología, para alcanzar los objetivos de aprendizaje trazados de cada una de las prácticas virtuales.

El diseño de los contenidos se organizó partiendo de unos contenidos tradicionales para cada práctica de laboratorio, pero en el momento de integrar la multimedia, se tuvieron en cuenta las dificultades de aprendizaje de los estudiantes en ciencias y en química orgánica, las situaciones problemáticas según cada tema, con énfasis en simulaciones que a vez evaluaban el cumplimiento de los objetivos formulados inicialmente.

El diseño de la interfaz en la secuencia de los contenidos se construyó, sintetizando texto y usando vínculos para no saturar cada pantallazo, combinando la multimedia, con animaciones y simulaciones en HTML5, CSS3 y Javascript, para la parte experimental y las situaciones problemáticas en cada actividad practica virtual.

### 2.2. Evaluación del material digital

Se propone la evaluación del MDM de laboratorio de química orgánica por dos grupos de estudiantes del programa de biología de la universidad de los Llanos que cursan la asignatura química orgánica, la cual es teórica práctica. Los alumnos son jóvenes de Villavicencio y de municipios de los departamentos cercanos como Arauca, Casanare, Vichada, Guaviare, con promedio de edad entre los 16 a 20 años El instrumento de evaluación indaga aspectos de los contenidos, del componente tecnológico y del pedagógico, en la escala de 1 a 4, para saber si: con 1 están totalmente en desacuerdo, con 2 en desacuerdo, con 3 de acuerdo y con 4 para indicar totalmente de acuerdo.

## 3. Resultados y discusión

El diseño de interfaz de inicio del MDM se muestra en la Fig. 2, la cual tiene forma de una figura geométrica de 10 lados con acceso a cada una de las 10 prácticas virtuales de laboratorio



Figura 2. Menú de inicio del MDM diseñado.

Fuente: Los autores.



Figura 3. Ejemplo de la situación problemática de una práctica virtual.

Fuente: Los autores.

de química orgánica, una a una a través de las flechas ubicadas a los lados o con vínculo directo a través de la secuencia de los números arábigos. Se puede observar también, que en la parte superior se puede acceder a las normas del laboratorio y a los créditos de la obra.

El diseño de interfaz de la práctica virtual titulada “Métodos de extracción, destilación por arrastre de vapor, se muestra en la Fig. 3, la cual contiene las partes comunes de una guía de laboratorio químico, con los objetivos, materiales y reactivos, marco teórico, parte experimental y la bibliografía de apoyo. Se muestra también la situación problemática de esta práctica virtual, basada en una simulación que permite al estudiante construir el montaje de la destilación por arrastre de vapor arrastrando cada una de las partes que se encuentran al lado izquierdo.

Este tipo de situación problemática como está planteada, evalúa el aprendizaje respecto a la capacidad para armar montajes en los laboratorios de química orgánica, una de las dificultades comunes de los estudiantes de nivel de pregrado. Se incluyen situaciones problemáticas evaluativas con base en simulaciones, las cuales el estudiante debe resolverlas, basado en el conocimiento adquirido, tanto en el laboratorio como en la teoría. Entre las situaciones que se plantean están: 1) La peligrosidad y toxicidad, que pueden representar las sustancias orgánicas, tanto para el hombre como para el medio ambiente. 2) El efecto que puede producir en la reactividad de los diferentes compuestos la presencia de otro grupo funcional cercano. 3) Decidir, basado en los resultados del laboratorio, si una sustancia es pura o impura. 4) Establecer la solubilidad de diferentes compuestos orgánicos, usando como criterio la polaridad de los diferentes compuestos. 5) Predecir, usando las características y reactividad

Tabla 1

Valoración del componente pedagógico del MDM por usuarios

Número de Estudiantes	Valoración en la escala de 1 a 4	Porcentaje (%)
31	Completamente de acuerdo 4	77.5
9	De acuerdo 3	22.5
0	En desacuerdo	0.00
0	Completamente en desacuerdo	0.00

Fuente: Los autores.

de los grupos funcionales las reacciones que se pueden presentar. 6) Identificar los principios que rigen en la separación y purificación por cromatografía. Todo lo anterior se logra al integrar la teoría con la práctica y apropiar conceptos fundamentales de química orgánica.

En la Tabla 1, se presentan los resultados de la evaluación de los aspectos pedagógicos del MDM desarrollado, en la que los estudiantes estuvieron de acuerdo en que: con el desarrollo de cada práctica virtual se cumplen los objetivos de aprendizaje; favorece la comprensión de las prácticas de laboratorio de orgánica y el autoaprendizaje; los objetivos de aprendizaje se relacionan con los contenidos y la multimedia; la situación problemática apoya en dificultades de aprendizaje; la multimedia favorece la comprensión de los temas principales de química orgánica.

Los resultados favorables de la evaluación realizada por parte de los usuarios al MDM de laboratorio de química orgánica desarrollado, permiten avanzar hacia la investigación de como desde el diseño pedagógico estos recursos digitales pueden apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje y con el apoyo de la tecnología a través de simulaciones, evaluar que tanto se benefician los alumnos.

Por lo tanto, si se define un material educativo digital o material didáctico multimedia (MDM) según lo proponen [12], como un recurso de apoyo al proceso de enseñanza y aprendizaje que integra la multimedia teniendo en cuenta criterios tecnológicos y pedagógicos, resulta importante aclarar y especificar que es el componente pedagógico el que rige toda la estructura del mismo, por lo tanto el diseño de un MDM se debe proponer a partir de un diseño pedagógico y no de un diseño instruccional como lo proponen [13,14] o de la metodología de ingeniería del software [15], ni tampoco a partir de unos principios metodológicos como lo señalan [16], resaltando la importancia de la pedagogía como disciplina que dirige todo el proceso de enseñanza y aprendizaje, ante una situación actual de innovación generada por la tecnología que produce cambios en la educación, los cuales se expanden sin límites y no sabemos hasta donde sea su alcance.

La propuesta con enfoque pedagógico en el diseño de los materiales digitales educativos para la enseñanza de las ciencias, se opone a la deficiencia reportada en software educativo por [17], o la encontrada en los laboratorios virtuales de química el Model ChemLab según [10,11], en los cuales normalmente predomina el componente tecnológico respecto al pedagógico. Un buen diseño pedagógico define de forma clara la actuación de los participantes del proceso de enseñanza y aprendizaje, que se traza por una estrategia didáctica apropiada. El docente teniendo en cuenta lo anterior, es responsable del diseño de los contenidos en una interfaz, a través de la cual debe

atender las necesidades de aprendizaje, aplicar las bondades de la tecnología para generar un ambiente propicio en el que el alumno sea activo.

La tecnología nos brinda la posibilidad de proponer diversas clases de situaciones problemáticas en las actividades prácticas, siempre que se tenga en cuenta la formulación de problemas abiertos con varias posibles soluciones que permitan el desarrollo de la creatividad, como lo resalta Wood (2006) o situaciones que faciliten la apropiación de conceptos. Al final se puede evaluar con animaciones y simulaciones, si la estrategia didáctica aplicada favorece el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje y si los principios pedagógicos propuestos inicialmente, favorecen el proceso de enseñanza y aprendizaje.

A diferencia de los libros de texto, los contenidos digitales se organizan en una interfaz, que para que sean agradables, dinámicas, interactivas e innovadoras, no es conveniente que contengan demasiado texto, resultando importante la creatividad en el diseño de los contenidos, cuyo texto se debe presentar resumido, en lo posible sintetizado y con el apoyo de la tecnología, vincular imágenes, texto, videos, enlaces, pdf, sonidos, según el modelo o principios pedagógicos que se vaya a aplicar.

Este material digital educativo desarrollado en el lenguaje HTML5, CSS3 y Javascript, presenta la ventaja de que permite al alumno revisar una práctica virtual para una consulta, en el laboratorio o cualquier lugar, desde un dispositivo tecnológico actual con internet como el celular, la tabla o portátil, a diferencia de otros MDM desarrollados en flash como el referenciado por [18].

Se puede enfatizar, que la tecnología con toda su versatilidad y facilidad que nos ofrece, no garantiza ni asegura un aprendizaje y se debe evitar un efecto contrario, que aumente las siete grandes deformaciones de la ciencia o haciendo una combinación más compleja de todas estas, generando más obstáculos para la renovación de la enseñanza de las ciencias de acuerdo a lo expuesto por [19].

El diseño de un MDM requiere de un trabajo interdisciplinario con la participación de un experto en contenidos, un pedagogo, un ingeniero de sistemas desarrollador en el lenguaje HTML5, CSS3 y Javascript y un diseñador gráfico. Lo anterior explica el alto costo necesario del diseño de un MDM, por lo que resulta conveniente como una opción para reducir estos costos, que pedagogos o expertos en contenidos u otros profesionales afines, se capaciten en curso de posgrado en el campo de las TIC o en el e-learning. Se deriva que la evaluación de un MDM es también compleja, en donde es necesario que participen los usuarios y expertos en contenidos, en pedagogía y en informática.

#### 4. Conclusiones

Se diseñó y desarrolló un MDM de laboratorio de química orgánica, cuyo eje directriz de toda su estructura fue la pedagogía, con la aplicación de la estrategia didáctica de la resolución de problemas, en el que el docente como orientador, teniendo en cuenta las dificultades de aprendizaje propone unos contenidos de interfaz innovadores y un espacio interactivo, que

permite al alumno actuar en el sentido de comprender significados, integrar la teoría y la práctica y de esta forma favorecer el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Estos recursos digitales se deben planificar como se organizan las clases en el aula, pensando en que deben aprender los estudiantes en cada tema, cómo se evalúan esos aprendizajes, qué estrategias se pueden aplicar para desarrollar diferentes habilidades y mantener al discente siempre activo, con la diferencia de que se pueden compilar todas esas experiencias de la práctica docente o plasmar en un solo contenido dinámico e interactivo, como parte de la historia de la educación.

Se crea un reto para la docencia, en el que con la creación de estos nuevos materiales educativos, no solo se debe capacitar en el campo de su conocimiento, si no también, en pedagogía y uso de las TIC, lo que le permitiría proponer investigación, en cómo aplicar modelos pedagógicos en la construcción de estos recursos didácticos innovadores, en los que la tecnología no se expanda en forma impredecible ni indefinida y más bien se acerquen a las necesidades de aprendizaje de nuestros estudiantes.

#### Referencias

- [1] Domin, D.S., A review of laboratory instruction styles. *J. Chem. Educ.*, 76(4), pp. 543-547, 1999. DOI: 10.1021/ed076p543.
- [2] Furió, C. y Furió, C., Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educ. Quím.*, 11(3), pp. 300-308, 2000.
- [3] Jiménez, G., Llobera, R. y Llitjós, A., La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: Los niveles de apertura. *Ens. Ciencias*, 24(1), pp. 59-70, 2006.
- [4] Gallet, C., Problem-solving teaching in the chemistry laboratory: Leaving the cooks, *J. Chem. educ.*, 75(1), pp. 72-77, 1998. DOI: 10.1021/ed075p72.
- [5] Reigosa, C.E. y Jiménez, M.P., La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Ens. Ciencias*, 18(2), pp. 275-284, 2000.
- [6] García, J., La solución de situaciones problemáticas: Una estrategia didáctica para la enseñanza de la química, *Ens. Ciencias*, 18(1), pp. 113-129, 2000.
- [7] Wood, C., The development of creative problem solving in chemistry. *Chem. Educ. Research and Pract.*, 7(2), pp. 96-113, 2006. DOI: 10.1039/B6RP90003H
- [8] Carrascosa, J., Gil, D., Vilches, A. y Valdés, P., Papel de la actividad experimental en la educación científica, *Cad. Bras. Ens. Fis.*, 23(2), pp. 157-181, 2006.
- [9] Lemke, L.J., Investigar para el futuro de la educación científica: Nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir, *Ens. Ciencias*, 24(1), pp. 5-12, 2006.
- [10] Vidal, G. y H. González, H., Evaluación pedagógica del simulador del laboratorio químico Model Chemlab. *Rev Pedag Univ.*, 7(4), pp. 17-29, 2002.
- [11] Cataldi, Z., Chiarenza, D., Dominighini, C., Donnamari, C. y Lage, F., TICs en la enseñanza de la química. Propuesta para selección del Laboratorio Virtual de Química (LVQ), in XII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, Calafate, Santa Cruz, Argentina, 2010, pp. 720-725.
- [12] Martínez, R.A., Proyecto de practicum del curso de postgrado: Diseño de material didáctico multimedia para entornos virtuales de aprendizaje. Univ. Oberta de Catalunya, España, 2001.
- [13] Sampedro, A., Sariego, R., Martínez, A., Martínez, R.A. and Rodríguez, B., Procesos implicados en el desarrollo de materiales didácticos reutilizables para el fomento de la cultura científica y tecnológica. [En línea]. 2005. Disponible en: <http://www.um.es/ead/red/M3/>

- [14] Padrón, C., Desarrollo de materiales didácticos desde una perspectiva basada en modelos, Ph.D. dissertation, Univ., Carlos III de Madrid, España, 2009.
- [15] Galvis, A., “Ingeniería del software educativo”, Ed. Univ. Andes, Bogotá, Colombia, 1992, pp. 69-82.
- [16] Feroso, A.M. y Pedrero, A., (). Educar haciendo uso de las nuevas tecnologías y medios digitales. Algunas pautas básicas. [En línea]. 2009. Disponible en: <http://www.um.es/ead/red/M9>.
- [17] Franzolin, F., Pereira, A.P., Pereira, I. y Fejes, M., Algunas consideraciones sobre los aspectos pedagógicos de software para la enseñanza de las ciencias. Rev. Educ Ciencias, 7(1), pp. 1-16, 2006.
- [18] Valbuena, S., Desarrollo de un material didáctico multimedia para facilitar el aprendizaje de química, Rev. Educ. Ingeniería, 7(14), pp. 1-9, 2012.
- [19] Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J., Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. Ens. Ciencias, 20(3), pp. 477-488, 2002.

**S. Valbuena-Rodríguez**, recibe el título de Químico de la Universidad Nacional de Colombia en 1988, el título de Esp. en Informática Educativa en 1999, el título de MSc. en E-Learning en 2010. Ha trabajado en proyectos e investigación relacionados con el desarrollo de material didáctico multimedia para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje de química, con la generación de un libro digital de bioquímica, uno de química, otro de laboratorio de química y actualmente trabaja en la terminación del libro de prácticas virtuales de laboratorio de química orgánica. Es coordinador del grupo de investigación “Horizonte Mediático” y docente desde hace 20 años de la Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad de los Llanos, Colombia.

ORCID: 0000-0002-9034-6640

**M.A. Navarro-Ramírez**, recibe el título de Químico en 2001 y el título de Dr. en Ciencias - Química en 2010, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Colombia. Desde el 2010 trabaja en la Universidad de los Llanos en el área de química orgánica. Ha trabajado en el área de síntesis orgánica, productos naturales y química aplicada.

ORCID: 0000-0002-5535-4784