

Multimedia Teaching Material of Chemistry Laboratory with Pedagogical Approach

Santiago Valbuena Rodríguez, MSc, Universidad de los Llanos, Colombia, svalbuena@unillanos.edu.co

Abstract– *In this document the author presents this development of a didactic general chemistry lab material, based in a pedagogic approach with problematic situations and the support of multimedia, aiming to promote learning and the integration of theory and practice in the Agroindustrial engineers in Universidad De Los Llanos, Colombia. Digital material was designed based on the educative on the educative engineering software methodology proposed by Galvis, and the interdisciplinary work of a chemist, systems engineer and a pedagogue. The qualitative evaluation was made by students and a content expert. The results showed high satisfaction by the users, content pertinence, and a high correlation within the simulations of the multimedia side and the pedagogic approach. This kind of a innovate virtual practices are a great support to the college student, specifically in the acquiring of chemistry knowledge and the integration of theory and practice.*

Keywords- *Learning, multimedia teaching material, problematic situation, chemistry*

Digital Object Identifier (DOI):<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.262>

ISBN: 978-0-9993443-1-6

ISSN: 2414-6390

Material Didáctico Multimedia de Laboratorio de Química con Enfoque Pedagógico

Santiago Valbuena Rodríguez, MSc, Universidad de los Llanos, Colombia, svalbuena@unillanos.edu.co

Resumen-En este documento se presenta el desarrollo de un material didáctico multimedia de laboratorio de química general, basado en un enfoque pedagógico de situaciones problemáticas y el apoyo de la multimedia, con el fin de promover el aprendizaje y la integración de la teoría y la práctica en estudiantes de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad de los Llanos, Colombia. El material digital se desarrolló con base en la metodología de ingeniería del software educativo propuesta por Galvis y el trabajo interdisciplinario de un químico, un ingeniero de sistemas y un pedagogo. La evaluación cualitativa se realizó por estudiantes y un experto en contenidos. Los resultados mostraron una alta satisfacción de los usuarios, pertinencia de los contenidos y gran correlación de las simulaciones de la parte multimedia con el enfoque pedagógico aplicado. Esta clase de prácticas virtuales novedosas son de gran apoyo al estudiante universitario, específicamente en el aprendizaje de conocimientos de química y en la integración de la teoría y práctica.

Palabras claves--Aprendizaje, material didáctico multimedia, situación problemática, química.

I. INTRODUCCIÓN

Las prácticas de laboratorio que se desarrollan en la enseñanza tradicional, se llevan a cabo a través de unas guías elaboradas por el docente, las cuales los alumnos deben leer y seguir al pie de la letra mediante un procedimiento. Estas actividades experimentales se han diseñado para la comprobación de conceptos y leyes teóricas, que normalmente el docente enseña en sus clases de teoría generando en el aprendiz un trabajo mecánico, simple, convirtiéndose en recetas de cocina [1], [2]. El problema que se produce por esta forma de trabajo rutinario es que no se integra la teoría y la práctica, ni se estimula una actitud científica, si no que se genera una visión deformada de la ciencia [3].

Los alumnos por su parte, presentan serias dificultades en el aprendizaje de los siguientes temas de química: mol, disoluciones, estequiometría, gases [4] y equilibrio químico [5]. Además el discente, no comprende las relaciones y las diferencias entre el mundo microscópico (mundo de los átomos) y el mundo macroscópico (mundo real que vivimos), convirtiéndose estos problemas en obstáculos epistemológicos para el aprendizaje de las ciencias [6]. Estas falencias, incrementan la problemática de la falta de integración de la teoría y la práctica en el laboratorio, por parte del estudiante.

Una forma de trabajo diferente a la comprobación de leyes y teorías, realizada en el laboratorio es su planteamiento como situaciones problemáticas o problemas a resolver, que de acuerdo a [7], pueden estar dirigidas en el sentido de producir cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales, con el fin de desarrollar habilidades en el pensamiento, proponiendo situaciones en donde el alumno sea más activo y se le permita hacer, participar, proponer, analizar y pensar mediante sus deducciones desde sus propias bases conceptuales [8]. Diferentes investigaciones señalan que la resolución de problemas es un modelo de aprendizaje que favorece el aprendizaje activo de la química e incrementa el desarrollo de la creatividad [9], [10].

Existen materiales digitales y software educativo, resultados de trabajos de investigación en el campo de las ciencias experimentales, entre los que se encuentran: i) Desarrollo de un multimedia sobre la nomenclatura de los alcanos para la cátedra de química orgánica del Instituto Universitario de Tecnología Pascal, Cagua-Estado Aragua [11], ii) Material multimedia interactivo para el curso de laboratorio de química analítica [12], iii) Diseño y evaluación de un software educativo para el aprendizaje de las reacciones químicas con el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad [13]. En esta categoría se encuentran también los laboratorios virtuales de química, ChemLab, VLabQ y Cocodrile Chemistry, como herramientas informáticas que simulan un laboratorio de química [14].

El trabajo multimedia presentado por [15] se fundamenta en las fases de la metodología de la investigación dirigida, la cual incluye el análisis del problema u objeto a investigar, la formulación y comprobación de la hipótesis, el análisis de los resultados y las conclusiones. Una falencia de este multimedia, es que su contenido se refiere solo a la práctica de laboratorio de química general de la gravimetría, excluyendo capítulos de química general como la estequiometría, soluciones, gases entre otros.

Partiendo de lo que menciona [16], las tecnologías de la información y la comunicación permiten investigar cómo los alumnos aprenden ciencia, en ambientes diferentes al tradicional, a través de medios diferentes al texto y al lenguaje hablado, como el audio, videos, animaciones, simulaciones, la investigación del diseño y desarrollo de un material digital educativo, puede aportar en la solución de la problemática del laboratorio de química descrita, teniendo en cuenta que el laboratorio virtual es un recurso que complementa eficazmente la parte práctica [17].

El objetivo de este trabajo fue desarrollar y evaluar cualitativamente un material didáctico multimedia de

laboratorio de química general MDMLQ, basado en situaciones problemáticas, con el apoyo de la tecnología, para integrar la teoría y la práctica y favorecer el aprendizaje de conocimientos científicos en estudiantes universitarios.

II. METODOLOGÍA

A. *Modelo de la Investigación*

La investigación de tipo cualitativo se dirigió para conocer el nivel de satisfacción de los usuarios desde tres aspectos básicamente: los contenidos de laboratorio de química, el modelo pedagógico de la resolución de problemas y la multimedia del material didáctico desarrollado. La información de cada parte se obtuvo por la aplicación de un formato de varios ítems en la escala de Likert.

En el caso del experto en contenidos, se le solicitó que además de evaluar los contenidos de cada practica de laboratorio de química, emitiera un concepto respecto a que si el MDMLQ como fue diseñado, facilitaba o apoyaba al estudiante en la integración de la teoría y la práctica.

B. *Muestra*

La investigación se realizó con dos grupos de estudiantes del curso de laboratorio de química general del Programa de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad de los Llanos sede Barcelona, ubicada en el kilómetro 12 vía Puerto López-Colombia, durante el primero y segundo periodo académico de 2016. El grupo de control fue de 18 estudiantes, mientras que el grupo de prueba de 19. Las dos muestras incluyeron jóvenes de estratos 1, 2 y 3 de la ciudad de Villavicencio y de otros municipios del departamento del Meta, con edades entre 16 a 20 años.

C. *Diseño del material multimedia*

En el desarrollo del material digital multimedia se aplicó la metodología de ingeniería de software educativo propuesta por [18], la cual comprende las etapas de análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación, partes no lineales, si no cíclicas para permitir una retroalimentación del proceso. En la implementación se aplicó una prueba piloto con el fin de detectar errores, fallas y hacer correcciones, mientras que en la evaluación se realizó la prueba de campo, como parte final del desarrollo del material digital.

En el análisis se tuvo en cuenta las necesidades educativas del alumno, relacionadas con la problemática actual de las prácticas experimentales, las dificultades de aprendizaje de los estudiantes en ciencias, específicamente en química. Se incluyó una revisión de las publicaciones derivadas de investigaciones en software educativo.

El diseño del material educativo contempló la integración de varias partes fundamentales, una el componente pedagógico con base en situaciones problemáticas y las necesidades de los estudiantes, y la otra, el componente tecnológico con la multimedia como soporte de interacción con el usuario y las simulaciones, como soporte de la evaluación de los niveles de conocimiento adquirido por los mismos. Una plantilla se diseñó para definir la interfaz de inicio y los diferentes botones de acceso a los contenidos y partes de cada una de las prácticas de laboratorio de química general a nivel universitario, así como también se definieron las situaciones problemáticas, la multimedia con las animaciones y simulaciones.

El desarrollo del material digital se llevó a cabo según el diseño definido, los contenidos de cada práctica virtual, la edición de videos, la inserción de imágenes del laboratorio de química de la Universidad de los Llanos con el programa adobe flash profesional CS5 y ajuste de las simulaciones prediseñadas en el lenguaje de programación flash action Script3 por parte del Ingeniero de Sistemas.

La prueba piloto dio inicio a la implementación del MDMLQ, con un grupo de 16 estudiantes de primer semestre del Laboratorio de Química General del programa de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad de los Llanos de Villavicencio, Colombia. A cada uno de los estudiantes se entregó un CD-ROM con el material desarrollado. Luego, se incluyó la recolección de información relacionada con los contenidos de las prácticas de laboratorio de química, el aprendizaje y la interactividad de la multimedia a través de un formato. La información que se recogió en esta prueba piloto se utilizó para las correcciones en la sincronización de animaciones y simulaciones de algunas prácticas como mejoras generales del material.

D. *Evaluación cualitativa*

La evaluación del material educativo se llevó a cabo por los estudiantes y un experto, como lo propone el grupo de investigación liderado por [19].

Por parte de los usuarios, se realizó una prueba piloto con un grupo de 16 estudiantes a quienes se entregó un CD-ROM con el material digital desarrollado, por un tiempo de tres meses con el fin de que lo revisaran, estudiaran y conocieran. Se aplicó un formato de evaluación del material digital que consideraba tres aspectos: el contenido, la tecnología y la parte pedagógica.

La evaluación definitiva se hizo mediante una prueba de campo a una muestra de 19 estudiantes del programa de ingeniería agroindustrial de primer semestre de la Universidad de los Llanos a través de un instrumento de evaluación que incluía la indagación respecto a los contenidos de las prácticas de laboratorio, ventajas y desventajas del componente tecnológico y aspectos relacionados con el aprendizaje de esta parte experimental de la química. Los usuarios también

evaluaron la interactividad de los objetos de aprendizaje del material producido. En esta parte se usó la escala de Likert con la siguiente valoración: completamente de acuerdo = 4; de acuerdo = 3; en desacuerdo = 2; y completamente en desacuerdo = 1, según [20].

El experto con doctorado en ciencias químicas, evaluó el material digital a través de un formato que preguntaba los siguientes aspectos:

Idoneidad, actualización y científicidad de los contenidos de las prácticas de laboratorio de química.

Integración de la teoría y la práctica.

Correspondencia entre los objetivos de aprendizaje formulados y el diseño de cada práctica virtual.

Si se apoyaba el aprendizaje de los estudiantes.

Interacción de la multimedia, especialmente la relación entre las simulaciones y la evaluación de los conocimientos adquiridos por el estudiante.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Material educativo producido

El material didáctico multimedia se produjo con catorce prácticas de los temas principales de un curso de laboratorio de química general a nivel de pregrado. En la interfaz de entrada, aparecen los botones de hipervínculo con el nombre de cada una de las prácticas virtuales. El recurso didáctico tiene vínculo a los objetivos de aprendizaje y a otras partes de cada práctica virtual, destacándose entre estas, la parte experimental y las situaciones problemáticas como ejes centrales. Se encuentran también de apoyo los materiales, reactivos, equipos, los cálculos y la bibliografía.

En la parte experimental de cada práctica, el estudiante puede ver por medio de animaciones el procedimiento completo o si necesita repetir, revisar o tiene alguna duda, lo puede parar con un botón y detallar los materiales o reactivos empleados. La fig. 1 por ejemplo, ilustra una imagen del procedimiento de la práctica de tipos de reacciones químicas, específicamente la reacción de formación de la lluvia de oro, experimento virtual en el cual se destaca la ventaja del uso de la tecnología en la educación, porque se forma una sal de plomo tóxica para la salud humana y el medio ambiente, además podemos aprovechar para preguntar al alumno desde nuestra enseñanza, medidas de seguridad en el manejo de esta clase sustancias, normas del laboratorio químico y lo que debemos hacer con residuos de sales de metales pesados como el plomo.



Fig. 1 Imagen, formación de la lluvia de oro

El material educativo contiene videos de la preparación y estandarización de disoluciones, dos temáticas en las que los estudiantes según [4], presentan grandes dificultades de aprendizaje, razón por la cual se propusieron desde el diseño en forma destallada y se complementó con los cálculos correspondientes. En la Fig. 2 se puede observar una imagen del video del final de la titulación en la estandarización de una disolución de hidróxido de sodio.



Fig. 2 Foto del video de la titulación del NaOH

Las prácticas virtuales contienen situaciones problemáticas, basadas a partir de simulaciones con el propósito evaluativo de conocer el nivel de aprendizaje del alumno, pero también de apoyar al estudiante en las dificultades de aprendizaje que manifiestan [4,] [5], [6].

En el diseño de las simulaciones, se plantean problemas de tipo abierto y cerrado según los diferentes temas de laboratorio, teniendo en cuenta lo planteado por [7], [8], para favorecer la integración de la teoría y la práctica, uno de los problemas encontrados en las prácticas de laboratorio tradicionales.

En la Fig 3 se puede observar una imagen de la situación problemática de estequiometría, un tema difícil para el alumno, en el que debe realizar cálculos numéricos, análisis y recordar otras temáticas ya vistas. En esta simulación el

estudiante debe saber cuál es el reactivo límite y cuál es el rendimiento de una reacción, con la opción de verificar la respuesta y poder volver a corregir errores si los presenta.

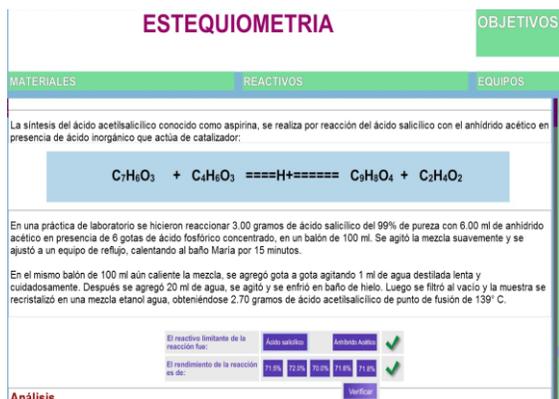


Fig. 3 Simulación del tema de estequiometria

Otra clase de simulación se ilustra en la Fig 4 de la práctica de la determinación de fósforo por espectrofotometría, la cual presenta un grado de complejidad mayor con respecto a otros laboratorios de química general. Teóricamente se necesita para comprender esta práctica los temas de absorción de luz en el espectro electromagnético, ley de Lambert-Beer, las diluciones, preparación de disoluciones, ecuación de la línea recta que se encuentran muy bien combinados con la multimedia. Se destaca la bondad de la tecnología para poder mostrar el carácter científico de la química, las aplicaciones de la espectrofotometría en muchos campos y su relación con la investigación. Aquí el usuario puede seleccionar y preparar cada uno de los patrones, simular la lectura en el equipo y puede observar la construcción de la gráfica en el plano cartesiano y por último, obtener la concentración de una muestra problema.

B. Prueba Piloto del Material Educativo

La prueba piloto aplicada al material educativo de laboratorio de química, permitió realizar la retroalimentación oportuna al proceso de desarrollo, mediante modificaciones al diseño de acuerdo a las observaciones de los usuarios, recogidas a través de un formato que permitió encontrar y corregir errores especialmente en la sincronización de algunas animaciones, simulaciones y mejorar el producto final.

Antes de la evaluación del material digital, en las clases de laboratorio de química general se hizo una presentación del trabajo para revisar nosotros mismos errores de las animaciones, simulaciones y la multimedia, recoger más observaciones, dudas y detalles de los usuarios, para fortalecer más el recurso didáctico.



Fig. 4 Simulación de la determinación de fósforo por espectrofotometría

C. Prueba de Campo del Material Educativo

En la tabla 1 se presentan los resultados de la prueba de campo, donde los usuarios calificaron el material desarrollado con un 94% de satisfacción entre los que estuvieron de acuerdo y completamente de acuerdo, respecto a que si los contenidos ayudaban a la integración de teoría y la práctica, facilitaban el aprendizaje de los conceptos de química y que el material estimulaba la comprensión y un acercamiento hacia la química como ciencia.

TABLA I
RESULTADOS DE EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE CAMPO

Escala de Likert	Número de estudiantes	Porcentaje (%)
1. Completamente en desacuerdo	0	0,0
2. En desacuerdo	1	5,3
3. De acuerdo	1	5,3
4. Completamente de acuerdo	16	84,2

D. Evaluación del Material Digital por Experto

El experto en contenidos de química evaluó satisfactoriamente el material digital con la expresión de las siguientes afirmaciones de acuerdo al instrumento de evaluación diligenciado: en este material educativo se incluyen las practicas principales del laboratorio de química general que normalmente se deben trabajar en un periodo académico; los objetivos propuestos se correlacionan con los contenidos de cada práctica; la información se presenta en forma coherente, científica, actualizada, se puede favorecer una actitud hacia la ciencia; se propone una situación problemática abierta en el que se aplican los conocimientos de química y se le permite al estudiante interactuar. El químico sugiere una mayor cantidad de simulaciones en el tema de las titulaciones ácido base y potenciométricas, para apoyar más al alumno en estos temas.

Digital Object Identifier: (to be inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

E. Comparación con otros Materiales Educativos

La diferencia principal del material digital producido con otros recursos del área de las ciencias como el [11], [12], [13] y [14], es que estos materiales no presentan de forma clara su intención pedagógica ni didáctica, aunque algunos son herramientas completas desde el punto de vista del laboratorio químico. Por ejemplo, la evaluación del componente pedagógico del simulador de laboratorio químico model chemlab realizada por [21], muestra que no promueve el aprendizaje activo de la química, ni la integración de la teoría y la práctica, ni permite el desarrollo de habilidades cognoscitivas en el estudiante.

Es importante tener en cuenta en el diseño del material digital, el planteamiento del modelo pedagógico con las necesidades de los estudiantes en este caso de ciencias básicas, lo cual decide el diseño mismo de toda la multimedia, de lo contrario se pueden convertir en recursos simples como los libros de texto, sin efectos positivos en el proceso de enseñanza y aprendizaje

A diferencia de los recursos mencionados, el MDMLQ generado en este trabajo se basó en la estrategia de la resolución de problemas, con el fin de saber el aprendizaje adquirido por el alumno.

La integración de teoría y práctica en el material desarrollado se encuentra sustentada en la combinación de la multimedia con las animaciones, simulaciones, más la información abundante que brinda la tecnología, la cual se puede validar en los resultados satisfactorios expresados en la evaluación de usuarios y el experto.

El multimedia diseñado mediante la investigación dirigida como estrategia pedagógica [19], con todas sus etapas propias, ilustra un buen ejemplo de una metodología que expresa claramente su intención pedagógica.

IV. CONCLUSIONES

La experiencia en la generación de un material didáctico multimedia en ciencias conlleva a la mención de unas pautas indispensables para alcanzar una evaluación satisfactoria por parte de los usuarios, quienes son los primeros beneficiarios. Este tipo de material digital educativo tiene unas características complejas, porque debe integrar el componente pedagógico y la tecnología con el propósito de apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje, a partir de un trabajo interdisciplinario.

El primer factor es definir el componente pedagógico, el cual traza la directriz de la multimedia y en esta la interactividad con el usuario es clave y solo se puede lograr desde el diseño. En este diseño se debe incluir el conocimiento científico, el cual es un lenguaje que complica el contexto de aprendizaje con el estudiante. Por eso es importante definir unos objetivos claros del material, que en este caso se

enfocaron en facilitar el aprendizaje de la química y la integración de la teoría y la práctica. Los participantes en la ejecución del proyecto se deben preguntar permanentemente si se cumplen o no esos objetivos planteados.

El grupo de investigación Horizonte mediático ya ha realizado varios materiales de este tipo, pero cada vez se aprende algo nuevo respecto a cómo mejorar en la integración de la pedagogía y la tecnología. Las simulaciones nos permiten evaluar el nivel de conocimiento de los estudiantes en muchas formas, pero implican mucho tiempo, esfuerzo, trabajo y son costosas, por eso se requiere el apoyo institucional, no solo con recursos a través de proyectos de investigación.

Se recomienda la consolidación de una unidad interdisciplinaria conformada por un pedagogo, ingenieros de sistemas, estudiantes, diseñadores, dedicados al diseño de objetos de aprendizaje y materiales digitales educativos, que propongan cambios en estos recursos de acuerdo al cambio también de la tecnología y de las necesidades de las aulas virtuales.

REFERENCES

- [1] C. Gallet. "Problem-solving teaching in the chemistry laboratory: leaving the cooks"... , *Journal of Chemical education*, vol. 75, no 1, pp. 72-77. 1998.
- [2] J. Carrascosa, D. Gil, A. Vilches and P. Valdés. "Papel de la actividad experimental en la educación científica". *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol. 23, no. 2, pp. 157-181. 2006.
- [3] I. Fernández, D. Gil, J. Carrascosa, A. Cachapuz, and J. Praia. "Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza". *Enseñanza de las ciencias*, vol. 20, no. 3, pp. 477-488, 2002.
- [4] F. A. Cárdenas. "Dificultades de aprendizaje en química: Caracterización y búsqueda de alternativas para superarlas". *Ciencia y educación*, vol.12, no. 3, pp. 333-346, 2006.
- [5] H. Moncaleano, C. Furió, J. Hernández and L. M. Calatayud. "Comprensión del equilibrio químico y dificultades en su aprendizaje". *Enseñanza de las ciencias*, no extra, pp.111-118, 2003.
- [6] C. Furió and C. Furió. "Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos". *Educación Química*, vol. 11, no. 3, pp. 300-308, 2000.
- [7] C. E. Reigosa and M. P. Jiménez, M P. "La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio". *Enseñanza de las ciencias*, vol. 18, no. 2, pp. 275-284, 2000.
- [8] J. García. "La solución de situaciones problemáticas: una estrategia didáctica para la enseñanza de la química", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 18, no. 1, pp. 113-129, 2000.
- [9] W. Birch. "Towards a model from problem-based learning". *Studies higher education*, vol. 11, no. 51, pp. 73-83, 1986. The development of creative problem solving in chemistry.
- [10] C. Wood. "The development of creative problem solving in chemistry". *Chemistry Education Research and Practice*, vol. 7, no. 2, pp. 96-113, 2006.
- [11] V. Acosta and Y. Rondón. "Desarrollo de un multimedia sobre la nomenclatura de los alcanos para la cátedra de química orgánica del Instituto Universitario de Tecnología Pascal, Cagua- Estado Aragua". *Revista Cubana de Química*, vol. 18, no. 2, pp. 202-210, 2006.
- [12] M. Rosadilla, V. Buhl, M. Queirolo, F. Tissot, V. Gómez and F. Labandera. "Material multimedia interactivo para el curso de laboratorio de química analítica". *Journal of science education*, vol. 8, no. 1, pp.35-38, 2007.
- [13] C. Betancourt, J. Rodríguez and R. Pujol. "Diseño y evaluación de un software educativo para el aprendizaje de las reacciones químicas con el enfoque ciencia, tecnología y sociedad". *Revista de investigación*, vol. 64, pp.85-101, 2008.

- [14] Z. Cataldi, D. Chiarenza, C. Dominighini, C. Donnamarí and F. Lage. "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, pp. 720-725, 2010.
- [15] H. González, G. Vidal and L. Díaz. "Diseño de aplicación de un software multimedia sobre el laboratorio de química general". Revista pedagogía universitaria, vol. 8, no. 2, pp. 1-13, 2003.
- [16] J. L. Lemke. "Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir". Enseñanza de las ciencias, vol. 24, no. 1, pp. 5-12, 2006.
- [17] C. Infante. Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. Revista Mexicana de investigación educativa, vol. 19, pp. 917-937, 2014.
- [18] H. Galvis, Ingeniería de software educativo, 3a ed., Santafé Bogotá: Universidad de los Andes, 2001, pp. 63-82.
- [19] Barberà, E, et al. 2004. Pautas para el análisis de la intervención en entornos de aprendizaje virtual: dimensiones relevantes e instrumentos de evaluación [documento de proyecto en línea. IN3: UOC. (Discussion Paper Series: DP04-002)]. Consultado el 07 de febrero de 2017 de: <http://www.uoc.edu/in3/dt/esp/barbera0704.pdf>
- [20] G. Pérez. Investigación cualitativa. España: La Muralla, 2004.
- [21] G. Vidal and H. González. "Evaluación pedagógica del simulador del laboratorio químico modelchemlab". Revista pedagogía universitaria, vol. 7, no. 4, pp. 17-29, 2002.