

Laboratorios virtuales para la enseñanza de las ciencias*¹

[Virtual Labs for Science Teaching]

[Laboratórios virtuais para a Ensino de Ciências]

OMAR ANTONIO VEGA², SANDRA JIMENA LONDOÑO HINCAPIÉ³,
SANTIAGO TORO VILLA³

Recibo: 10.11.2015 – Aprobación: 10.10.2016

Resumen: *En el proceso educativo, la implementación de modelos y estrategias de enseñanza didácticas son fundamentales si se desea que el estudiante construya un conocimiento significativo más allá que un conocimiento memorísticos, para lo cual las tecnologías de la información y la comunicación, TIC, se ofrecen como herramientas en busca de que la creatividad docente se manifieste acorde con los propósitos pedagógicos planteados. Entre las múltiples opciones se encuentran los laboratorios virtuales, especialmente para las ciencias naturales, que exigen prácticas de experimentación y observación de fenómenos, muchas de las cuales por motivos de diversa índole en la vida real no son realizables o requieren de una logística especial. Por ello, este artículo aborda los laboratorios virtuales, con la pretensión de ofrecer información que permita asumir su uso en la enseñanza de la ciencia.*

Palabras clave: *Laboratorio virtual, Enseñanza de las ciencias, TIC.*

* **Modelo para la citación de este artículo:**

VEGA, Omar Antonio; LONDOÑO HINCAPIÉ, Sandra Milena & TORO VILLA, Santiago (2016). Laboratorios virtuales para la Enseñanza de las Ciencias. En: Ventana Informática No. 35 (jul-dic). Manizales (Colombia): Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. p. 97-110. ISSN: 0123-9678

- 1 Artículo de reflexión construido en el marco de la asignatura Introducción a la Informática, orientada por el primer autor y ofrecida por el Departamento de Sistemas e Informática, Facultad de Ingenierías, a los estudiantes de pregrado de la Universidad de Caldas.
- 2 Doctor en Sociedad de la Información y el Conocimiento, MSc. en Educación.Docencia, MSc. en Orientación y Asesoría Educativa, Esp. en Informática y Computación, Ing. Agrónomo. Profesor titular, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales - Profesor de cátedra, Facultad de Ingenierías, Universidad de Caldas (Manizales, Caldas, Colombia). Correos electrónicos: oavega@umanizales.edu.co, omar.vega@ucaldas.edu.co, omarantonio.vega@gmail.com. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5916-2181>
- 3 Estudiantes de Licenciatura en Biología y Química, Facultad de Ciencias Exactas Universidad de Caldas (Manizales, Colombia). Correos electrónicos: {sandra.marifer, santyjumi}@gmail.com

Abstract: *In the educational process, implementation models and strategies of educational teaching are essential if you want the student builds a significant knowledge beyond rote knowledge, for which the information technology and communication, ICT, are offered as looking for tools that teacher creativity is manifested in line with those proposed educational purposes. Among the many options are virtual labs, especially for natural sciences, demanding practices of experimentation and observation of phenomena, many of which for various reasons in real life are not feasible or require special logistics.. Therefore, this article discusses the virtual laboratories, with the aim of providing information to assume their use in the science teaching.*

Keywords: *Virtual Lab, Science teaching, ICT.*

Resumo: *No processo educacional, modelos e estratégias de ensino educacional de implementação são essenciais se você quiser que o aluno construa um conhecimento significativo para além de um conhecimento rote, para o qual as tecnologia da informação e comunicação, TIC, são oferecidas como procurando ferramentas que a criatividade do professor se manifesta de acordo com essas finalidades educacionais propostos. Entre as muitas opções estão laboratórios virtuais, especialmente para as ciências naturais, exigindo práticas de experimentação e observação de fenômenos, muitos dos quais, por várias razões na vida real não são viáveis ou requerem logística especial. Portanto, este artigo discute os laboratórios virtuais, com o objetivo de fornecer informações para assumir a sua utilização no ensino de ciências.*

Palavras-chave: *Laboratório virtual, Ensino de ciências, TIC.*

Introducción

Los avances tecnológicos, a cada momento, se incorporan con mayor fuerza en los diferentes aspectos de la sociedad, siendo la educación un campo privilegiado. La evolución educativa se ha ido expresando desde un modelo tradicional hasta un modelo constructivista, que unido a las Tecnologías de la Información y la Comunicación, TIC, conllevan transformaciones en procesos motivacionales, sociales y conductuales asociados.

Sin embargo, partiendo de que la incorporación de las TIC en la educación no garantiza automáticamente el mejoramiento de los resultados escolares, como lo señala Vega (2015, 48), se hace indispensable un proceso sistemático e intencional donde «la integración curricular de TICs se define como un ámbito de estudio para la educación

de la competencia comunicativa, superadora de la visión meramente tecnológica e instrumental» (Cataldi, Donnamaria & Lage, 2009, 81), para que se convierta en proceso y responsabilidad institucional, en vez de iniciativas aisladas de tipo individual.

Pensando en la oferta de mayores procesos significativos de aprendizaje, dentro y fuera del aula, y con el fin de acercarse a la ciencia, experimentando y comprendiendo realidades, sin la imperiosa necesidad de afectar al medio ambiente se crean entornos para la exploración científica desde la escuela: los Laboratorios Virtuales, considerando que *«la enseñanza de la parte práctica de las asignaturas del área de las ciencias naturales preocupa a los docentes en todo el mundo, ya que desde el renacimiento se ha considerado necesario complementar la enseñanza teórica del aula con la ejecución de experimentos»* (Monge & Méndez, 2007, 91).

Por ello, en el presente documento se hace un recorrido con la pretensión de suministrar elementos suficientes para incentivar la utilización de laboratorios virtuales en diferentes áreas, especialmente de las ciencias naturales, como una manera de facilitar la visualización y comprensión de fenómenos, como parte del proceso educativo.

1. Incorporación de las TIC en la enseñanza de las ciencias

«El objetivo de la enseñanza de las ciencias, más que sustituir las ideas espontáneas por las científicas, es dotar al individuo de nuevos modelos explicativos para interpretar el mundo y ayudarlo a reconocer que el conocimiento científicos es, en muchos casos, más apropiado que sus preconcepciones para describir y/o comprender determinados fenómenos (Gómez-Crespo et al., 2004). Los modelos y las teorías científicas adquirirán relevancia para los estudiantes si les proporcionamos repetidas oportunidades de comprobar su utilidad y su potencial explicativo» (Romero & Quesada, 2014, 103).

La incorporación de las TIC en la enseñanza de ciencias, se constituye en un espacio interesante para plantear nuevas maneras en el abordaje de temas y actividades científicas en el aula.

«Las posibilidades de estas herramientas en cuanto al acceso y almacenamiento de la información, la

comunicación, la simulación o la interactividad, amplían las fronteras para la realización de actividades prácticas, ya que abren nuevos escenarios educativos para el aprendizaje de los procedimientos científicos. La aplicación de las TIC al trabajo experimental mediante la utilización de diferentes recursos informáticos puede, así mismo, dar respuesta a las necesidades formativas que conllevan los cambios tecnológicos y abre nuevas vías para la innovación y la investigación en un campo en el que parece detectarse, todavía, cierta resistencia» (López, 2008, 5).

El docente tiene en sus manos la implementación de nuevas estrategias de enseñanza⁴, pues además de ser agente motivacional, de nada sirve tener un amplio contenido temático y no saberlo utilizar como herramienta didáctica.

«Para lograr una adecuada y exitosa fusión entre TIC y educación se requiere, entre otros factores, “de la capacidad de los maestros para estructurar el ambiente de aprendizaje de forma no tradicional, fusionar las TIC con nuevas pedagogías y fomentar clases dinámicas en el plano social, estimulando la interacción cooperativa, el aprendizaje colaborativo y el trabajo en grupo. Esto exige adquirir un conjunto diferente de competencias para manejar la clase” [3]. Coherente con ello, debe considerarse que a la capacitación docente se le suma el componente actitudinal» (Vargas & Vega, 2015, 51-52).

Según Salinas, citado por Jiménez, Silva & Zambrano (2012, 58), en este nuevo entorno *«el profesor deja de ser fuente de todo conocimiento y pasa a actuar como guía de los alumnos, facilitándoles el uso de los recursos y las herramientas que necesitan para explorar y elaborar nuevos conocimientos y destrezas; pasa a actuar como gestor de la pléyade de recursos de aprendizaje y a acentuar su papel de orientador y mediador»*, lo que le exige *«ser capaz de evaluar el software educativo, los multimedia e internet para apoyar las actividades de aprendizaje en la construcción de nuevos conocimientos y determinar la forma y el momento oportuno para la integración de estas en su experiencia pedagógica»* (Hernández, 2015, 89). En otras palabras, como lo asegura

4 *«A pesar de ser muchos los agentes educativos implicados en la integración de las TIC en la actividad docente, es en el profesorado en quien recae la responsabilidad última de la adopción de nuevas metodologías coherentes con la reforma educativa implícita en dicha integración» (López, 2008, 5).*

Sancho (citado por Alonso et al., 2010, 813): «pasar de las TIC a las TAC [Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento] implica mucho más que el cambio de una simple vocal».

Unida a la incorporación de las TIC en los procesos educativos, se tiene a la corriente constructivista⁵, lo que implica un nuevo horizonte donde el proceso está centrado en el estudiante, protagonista como constructor de su conocimiento y la adquisición de sus competencias.

2. Los laboratorios virtuales como estrategia educativa

«Las prácticas de laboratorio han sido tradicionalmente empleadas en la enseñanza de las ciencias para demostrar las teorías científicas. Bien diseñadas, permiten cuestionar las ideas alternativas de los alumnos formuladas como hipótesis previas a los experimentos, así como encontrar sentido a las ideas científicas cuando son aplicadas para explicar fenómenos. No obstante, la introducción en las clases de ciencias de experiencias prácticas que favorezcan el cambio o el desarrollo conceptual del alumnado depende, en cierta medida, de los recursos materiales disponibles. El empleo de simulaciones, laboratorios virtuales, visualizaciones o laboratorios remotos ha abierto un nuevo abanico de posibilidades en la búsqueda de contextos significativos para el aprendizaje del conocimiento científico» (Romero & Quesada, 2014, 103).

No hay una definición única de laboratorio virtual, como se muestra a continuación:

- Infante (2014, 918), presenta la aproximación de la Reunión de Expertos sobre Laboratorios Virtuales, recogida por UNESCO: «un espacio electrónico de trabajo concebido para la colaboración y la experimentación a distancia con objeto de investigar o realizar otras

⁵ De manera explicativa se presentan las siguientes afirmaciones:

- «La teoría constructivista es la base para una amplia gama de enfoques de aprendizaje activo, como el aprendizaje basado en la investigación y el aprendizaje basado en problemas» (Beringer, citado por Zaragozi, Torres & Belda, 2015, 428).
- «La concepción constructivista de la enseñanza y el aprendizaje escolar describe la construcción del conocimiento en situaciones de enseñanza y aprendizaje como un proceso complejo de relaciones que se establecen entre tres elementos: el alumno que aprende, el contenido que es objeto de enseñanza y aprendizaje, y el profesor que ayuda al alumno a construir significados sobre lo que aprende y a dotarlo de sentido» (Coll, Mauri & Onrubia, 2008, 49).

actividades creativas, y elaborar y difundir resultados mediante tecnologías difundidas de información y comunicación», así como la de Sáenz y Martínez, quienes lo consideran como «una simulación de la realidad, es decir, un experimento de laboratorio, usando los patrones descubiertos por la ciencia. Estos patrones, o leyes si se prefiere, son codificados por el procesador de un ordenador para que, mediante algunas órdenes, éste nos brinde respuestas semejantes a lo que se podría obtener en la vida real».

- Fonseca et al. (citados por Leite et al., 2015, 244), entienden laboratorio virtual como *«como una metodología innovadora, por el contacto con la experimentación y la necesidad de conocimientos adecuados sobre tecnologías digitales por parte del estudiante»-*
- Para Aldrich (citado por Lenguas, Guevara & Sánchez, 2009, 166), se trata de *«representaciones realizadas a través de software que muestran en una pantalla objetos que imitan las características físicas de objetos reales; son altamente atrayentes para la audiencia joven, pues se presentan como videojuegos, donde se les permite a los participantes, explorar e interactuar con los elementos existentes en este espacio virtual».*

En cuanto a su origen puede situarse en programas como *Matlab*, *Mathematica*, etc., considerando que, como asegura Maurel (2014, 22), *«con un WebLab nos referimos tanto a software (SW) como a hardware (HW). Se trata de un área interdisciplinar (...). Pero este software debe estar al servicio del hardware. Y lo importante es que el alumno pueda acceder desde cualquier lugar a ese hardware en condiciones de calidad. Además, ese hardware necesita ser completado con nuevas partes software y hardware para ser utilizado por internet».*

«Una de las herramientas disponibles en la web son los laboratorios virtuales, los cuales se encuentran como sitios que incluyen applets o pequeños programas que tienen como base los modelos teóricos y que, a través de ciertos elementos clave, son capaces de simular las condiciones de laboratorio. De tal forma, el estudiante puede realizar múltiples experimentos, cambiando las variables y observando las respuestas del sistema; esto le permite hacer una conexión entre lo que hizo en la realidad y lo que le muestra la máquina virtual» (Infante, 2014, 920).

Los campos de utilización de los laboratorios virtuales es amplio, aunque Bailey y Lluetkehans, citados por Monge & Méndez (2007, 95), los resume así:

- Laboratorios de ciencias, tanto biológicas como químicas, físicas y agronómicas
- Cursos que requieran enseñar procesos o eventos que tardan mucho tiempo en ocurrir.
- Situaciones peligrosas (exploración de cavernas, volcanes y profundidades acuáticas; manipulación de sustancias químicas venenosas o explosivas, etc.).
- Sustitución de giras, evitando los costos de viaje, alimentación y alojamiento, así como el peligro de accidentes en el campo o laborales.
- Demostración del comportamiento animal, el crecimiento de plantas o cultivos, los estragos de los cambios ambientales, que no ocurren normalmente o que son dañinos para ecosistemas y organismos.
- Cursos de capacitación en el uso de equipos (fue en este campo que surgieron los laboratorios virtuales, usados en adiestramiento de cosmonautas y pilotos).

Se considera que el papel relevante de las prácticas de laboratorio se basa en que ayuda, de acuerdo con Romero & Quesada (2014, 104), a entender la influencia de la experimentación en el desarrollo de conocimiento científico, así como promover *«interesantes actitudes y habilidades tales como la capacidad de formular problemas e hipótesis, de diseñar experiencias para comprobarlas, de abordar la observación sistemática, la adquisición, representación y análisis de datos, la interpretación crítica de resultados, etc.»*.

Asociado a los laboratorios virtuales está la adquisición e interpretación de datos del fenómeno estudiado, como componente fundamental para su comprensión, por lo que la simulación y el modelamiento toman especial importancia⁶, ya que permite inclusive visualizar aspectos y situaciones que bajo condiciones normales no sería posible, con lo

6 «La importancia de los modelos en la enseñanza de las ciencias no solo se justifica atendiendo al papel que estos juegan en el desarrollo de conocimiento científico, sino también está asociada a su potencial para promover los procesos cognitivos en el estudiante y el desarrollo de un aprendizaje significativo. Otro aspecto positivo asociado al uso de las herramientas de modelización es que la visualización gráfica de la relación entre los distintos factores implicados en un fenómeno facilita el aprendizaje, al hacer más visible el pensamiento y las formulaciones abstractas» (Romero & Quesada, 2014, 106).

cual «*el alumno desarrolla habilidades cognitivas y destrezas prácticas, que le facilitan el planteamiento de problemas y la aplicación de sus conocimientos acerca del mundo que le rodea, entrenándose en la ejecución del método científico en el mundo real*» (Infante, 2014, 919).

Entre las ventajas señaladas para los laboratorios virtuales aparecen, según Méndez et al., citados por Monge & Méndez (2007, 95): Ampliar la cobertura académica; Disminuir costos de traslado, alimentación y hospedaje; Simular situaciones que en realidad tendría escasas posibilidades de realizarse; Repetir eventos o fenómenos cuantas veces sea requerido; Relacionar fenómenos con sus consecuencias y Desarrollar habilidades en el uso de la computadora.

A ellas, Infante (2014, 921-923) agrega:

- la variedad metodológica, la flexibilidad y el fácil acceso, la presentación de contenidos, la posibilidad de contar con nuevos entornos y situaciones problema así como la optimización de recursos y costos,
- su configuración y puesta a punto sencilla, al basarse en modelos matemáticos que se ejecutan en computadoras,
- se puede ofrecer la visualización de instrumentos y fenómenos mediante objetos dinámicos,
- la obtención de resultados numéricos y gráficos,
- la realización de prácticas o experiencias a un mayor número de estudiantes, aunque no coincidan en el mismo espacio físico,
- la simulación de diversos fenómenos físicos, químicos y biológicos, o el modelamiento de sistemas, conceptos abstractos y situaciones hipotéticas, controlando la escala de tiempo, la frecuencia, etc., ocultando, si así se requiere, el modelo matemático y mostrando solo el fenómeno simulado, y
- aprendizaje mediante prueba y error, sin miedo a sufrir o provocar un accidente ni avergonzarse por realizar varias veces la misma práctica.

Entre las desventajas asociadas a los laboratorios, además de las obvias necesidades de infraestructura de acceso a internet y de alfabetización digital, Rosado y Herreros, citados por Ceballos, Montoya & Gil (2015, 44), consideran que: «- *El Laboratorio virtual no puede sustituir el aprendizaje altamente enriquecedor del laboratorio tradicional. - En el laboratorio virtual se corre el riesgo de que el alumno se comporte como un mero espectador. - El alumno no utiliza los elementos reales de un laboratorio tradicional*».

3. Casos de laboratorios virtuales en la enseñanza de la ciencia

En internet se pueden encontrar un sinnúmero de ejemplos de laboratorios virtuales, y experiencias con ellos, aplicado a la física, la biología, la química, entre otras ramas de la ciencia. A continuación se muestran algunos casos:

- Maurel, Marín & Barrios (2016), en el marco del Proyecto “Laboratorio virtual, una alternativa para mejorar la enseñanza en los primeros años de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información” de la Universidad Tecnológica Nacional, presentan dos experiencias en el área de Física: durante el seminario de ingreso a la carrera y durante el cursado de la materia Física de primer año. La implementación se llevó a cabo a través de un campus virtual, configurado mediante la plataforma Moodle, que es la herramienta brindada por la Universidad; y estableciendo allí laboratorios virtuales que simulen las prácticas de física que normalmente se llevarían a cabo en un laboratorio tradicional.
- Placencia et al. (2015), señalan que se implementó un nuevo proceso de enseñanza-aprendizaje de Farmacología Experimental mediante el uso de simulación virtual con el software *Microlab*®, sobre la plataforma educativa Moodle, de un laboratorio experimental donde el estudiante comprende y analiza la interacción entre una droga y un ser vivo (ratón, conejo o rata).
- Caro et al. (2013), describen los puntos de partida y el enfoque metodológico de *SimulPast* como una propuesta de investigación de las dinámicas históricas de los grupos humanos del pasado a través de la Simulación Social, abordando siete casos de estudio aglutinados en torno a tres líneas generales de investigación (Dinámicas socio-ecológicas y estrategias de explotación de recursos, Emergencia de propiedades y dinámicas sociales. Aglutina los proyectos dirigidos a la exploración de cuestiones tales como la etnicidad o la cooperación social, Difusión y transmisión cultural. Interacciones complejas. En este punto se incluyen los proyectos enfocados hacia la transmisión y difusión de tecnología y conocimiento).
- López, Barragán & Para (2013), utilizaron el programa *Spartan* de *Wavefunction Inc.* y el método semi-empírico AM1 para optimizar la geometría de las moléculas estudiadas y para calcular los perfiles de energía potencial de los estados transitorios propuestos para las

diferentes reacciones utilizadas para ilustrar la metodología propuesta, que se puede implementar para una clase magistral o para una sesión de laboratorio, desde una perspectiva en la cual se busca aclarar con argumentos sencillos la diferencia entre el cómo y por qué suceden las reacciones químicas.

- Hernández & Astudillo (2014), describen la experiencia, realizada en la Universidad de Talca, cuando se abordó la unidad de ácido base, con el apoyo del software *Datastudio* y con el material correspondiente (sensores de pH y cuenta gotas, Explore GLX y computadores), los alumnos de las diferentes carreras debieron realizar un proceso de titulación de una solución acuosa de ácido clorhídrico 0,1 M, con una solución acuosa de hidróxido de sodio 0,1 M, permitiéndoles llevar a cabo la obtención de datos, inferir e interpretar los resultados obtenidos gráficamente, que determinaron el punto exacto de neutralización del ácido con la base.
- Agudelo, Arango & Vega (2009), presentan una propuesta pedagógica para la enseñanza de la Física en pregrado y se diseña con el fin de hacer un aporte al desarrollo del aprendizaje significativo, a partir de prácticas de laboratorio de alta precisión que disminuyan las dudas, faciliten el entendimiento y permitan asociar los conceptos con la realidad práctica. El enfoque de clase abarca desde la observación real del fenómeno físico, haciendo uso de las nuevas tecnologías, hasta el hecho de justificarlo y explicarlo dentro de las teorías establecidas.
- Da Fonseca & Maidana (2015), presentan el material didáctico desarrollado para dar soporte a disciplinas introductorias de mecánica, aplicando nuevas tecnologías de la información y la comunicación, mediante la filmación experimentos reales y el procesamiento de esas imágenes. Los experimentos se realizaron en la Universidad de São Paulo y el material, ubicado en la página de uso libre www.fisfoto.if.usp.br, es usado por los estudiantes de Licenciatura en Física de esa universidad. En este experimento se pueden medir posiciones angulares en momentos específicos de tiempo para determinar las velocidades de *spin* y precesión, además de encontrar la relación entre el torque del peso del giroscopio y el momento angular.
- Reyes, Reyes & Pérez (2016) comparten su experiencia del uso del simulador *Dosis-respuesta 1.0*, desarrollado con el objetivo de explorar su usabilidad y niveles de aprendizajes alcanzados, mediante una investigación exploratoria con un grupo de alumnos del curso Métodos de investigación I de la carrera de Biología, quienes lograron

situarse en una actividad científica real, llevada a la computadora, con una reducción considerable de tiempo (un experimento real de este tipo tiene una duración de 5 a 7 horas, y obtener una curva dosis-respuesta requiere múltiples experimentos, en tanto con el simulador se efectúa en minutos).

- Suárez & Sandoval (2012), presentan la validación piloto del laboratorio en el estudio de los procesos de decisión económica, usando un conjunto de situaciones planteadas por Kahneman y Tversky al dilema del prisionero y al juego del ultimátum. Los resultados son similares a aquellos derivados de estudios previos no virtuales, lo que permite concluir que el laboratorio virtual permite estudiar la decisión económica en el contexto de diversas manipulaciones experimentales.

3. Conclusiones

La incorporación de TIC en el proceso educativo no puede considerarse como el fin ni como solución mágica, pues ellas solamente se constituyen en un medio (dinámico, adaptable y prolífico) para contribuir en el logro de propósitos pedagógicamente planteados, ya que como lo expresan Romero & Quesada (2014, 111): *«estas herramientas facilitan el acceso a la información y multiplican las posibilidades de interacción y comunicación, superando barreras temporales y espaciales. Por otro lado, las simulaciones, las modelizaciones y los laboratorios virtuales aumentan las oportunidades de cuestionar concepciones erróneas y acceder a contextos significativos para la comprensión y aplicación de las teorías científicas»*.

Los laboratorios virtuales se constituyen, en ocasiones, en opciones únicas para desarrollar prácticas que no serían posibles en la vida real, por razones logísticas, económicas o de infraestructura. Esta situación se ve favorecida con la creciente y variada oferta de aplicaciones en la red, muchas de ellas de carácter libre y gratuito, que solo exigen el acceso a internet, y posiblemente una suscripción, proveniente de diversos centros de investigación, universidad y otras organizaciones, con una amplia gama de complejidad, permitiendo su utilización adecuada dependiendo del nivel académico de los estudiantes.

Referencias bibliográficas

- AGUDELO GIRALDO, José Darío; ARANGO ARANGO, Pedro José & VEGA, Omar Antonio (2009). Laboratorio de física: una experiencia significativa. En: Entre Ciencia e Ingeniería, Vol. 3, No. 5 (ene-jun). Pereira (Colombia): Universidad Católica de Pereira. p. 42-52. ISSN 1909-8367
- ALONSO, Cristina; DOMINGO PEÑAFIEL, Laura; ORNELLAS, Adriana & PADILLA PETRY, Paulo (2010). De las TIC a las TAC en la enseñanza obligatoria en Cataluña: más allá de la política y la lingüística. En: Seminario Internacional de Políticas Educativas Iberoamericanas "Tendencias, desafíos y compromisos" (17-18/05/2010). Barcelona (España): Universidad de Barcelona. p. 808-819. Actas del Seminario, p. 808-819. ISBN: 978-84-693-2163-8.
- CARO SAIZ, Jorge; ZURRO, Débora; RONDELLI, Bernardo; BALBO, Andrea; RUBIO CAMPILLO, Xavier; BARCELÓ, Joan A.; BRIZ I GODINO, Iván; FORT, Joaquim & MADELLA, Marco (2013). SimulPast: un laboratorio virtual para el análisis de las dinámicas históricas [en línea]. En: Archeologia e Calcolatori, No. 24. Roma (Italia): C.N.R.- Istituto di Studi sul Mediterraneo Antico. p. 265-281. e-ISSN 2385-1953 <http://soi.cnr.it/archcalc/indice/PDF24/13_Caro_Saiz_et_al.pdf> [consulta: 20/03/2016]
- CATALDI, Zulma; DONNAMARIA, M. Cristina & LAGE, Fernando J. (2009). Didáctica de la química y TICs: Laboratorios virtuales, modelos y simulaciones como agentes de motivación y de cambio conceptual [en línea]. En: IV Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, TE&ET 2009 (02-03/07/2009). La Plata (Argentina): Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI). p. 80-89. ISBN 978-950-34-0573-4. <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/18979/Documento_completo.pdf?sequence=1> [consulta: 20/06/2016]
- CEBALLOS CORRAL, Juan; MONTOYA REYES, Mildrend Ivett & GIL SAMANIEGO RAMOS, Margarita (2015). Diseño de un laboratorio virtual de ingeniería de métodos como un modelo de educación continua a distancia [en línea]. En: Referencia Pedagógica, Vol. 3, No. 1 (ene-jun). La Habana (Cuba): Centro de Referencia para la Educación de Avanzada, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae p. 41-52. ISSN: 2308-3042 <<http://rrp.cujae.edu.cu/index.php/rrp/article/view/71/86>> [consulta: 20/06/2016]
- COLL SALVADOR, César; MAURI MAJÓS, Teresa & ONRUBIA, Javier (2008). El análisis de los procesos de enseñanza y aprendizaje mediados por las TIC: una perspectiva constructivista. En: BARBERÀ GREGORI, Elena; MAURI MAJÓS, Teresa; ONRUBIA, Javier & AGUADO, Gemma (coord.). Cómo valorar la calidad de la Enseñanza basada en las TIC. Barcelona (España): Graó. p. 47-60. ISBN: 978-84-7827-530-4
- DA FONSECA, Monaliza & MAIDANA, Nora Lía (2015). Evaluación de la experiencia virtual "giroscopio": procesos de razonamiento cognitivo de los alumnos [en línea]. En: Revista de Enseñanza de la Física, Vol. 27, No. Extra (nov). Córdoba (Argentina): Universidad Nacional de Córdoba. p. 453-461. ISSN 2469-052X <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/12689/12928>> [consulta: 12/06/2016]
- HERNÁNDEZ ESPINOZA, Diógenes & ASTUDILLO SAAVEDRA, Luis (2014). Titulaciones ácido-base con el empleo de software [en línea]. En: Educación Química, Vol. 25, No. 1 (ene). México D.F (México): Universidad Nacional Autónoma de México. p. 42-45. e-ISSN: 1870-8404. <<http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v25n1/v25n1a7.pdf>> [consulta: 19/06/2016]
- HERNÁNDEZ LUQUE, Sorel Andreina (2015). Diseño instruccional constructivista de la asignatura "las TIC aplicadas a la educación" para la licenciatura en Educación mención Preescolar de la UNA [en línea]. En: Educ@ción en Contexto, Vol. 1, No. 2 (jul-dic), Caracas (Venezuela): Universidad Nacional Abierta. p. 80-112. ISSN 2477-9296 <<http://www.ciberesquina.una.edu.ve/Revistas/index.php/ECGIDE/article/view/33/24>> [consulta: 20/09/2016]
- INFANTE JIMÉNEZ, Cherlys (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas [en línea]. En: Revista Mexicana de Investigación Educativa, RMIE, Vol. 19, No. 62 (jul-sep). p. 917-937. ISSN: 1405-6666. <<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v19n62/v19n62a13.pdf>>, <<http://www.comie.org.mx/v1/revista/portal.php?idm=es&sec=SC03&sub=SBB&critero=ART62012>> [consulta: 16/06/2016]

- JIMÉNEZ MARÍN, Gloria; SILVA ROBLES, Carmen & ZAMBRANO, Rodrigo Elías (2012). III. Generación de ideas a través de la web social: educación por y para los estudios de comunicación. En: RODRÍGUEZ TERCEÑO, José (coord.). Aplicaciones del EEES a partir de la web 2.0 y 3.0. Madrid (España): Visión Libros. p. 57-80. ISBN: 978-84-9011-596-1
- LEITE, Marcos de Lima; MAIDANA, Nora Lia; DA FONSECA, Monaliza & VANIN, Vito Roberto (2015). Innovaciones del Laboratorio Virtual: el experimento de colisiones bidimensionales [en línea]. En: Revista de Enseñanza de la Física, Vol. 27, No. Extra (nov). Córdoba (Argentina): Universidad Nacional de Córdoba. p. 543-549. ISSN 2469-052X <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/12703/12941>> [consulta: 12/06/2016]
- LÓPEZ GARCÍA, Marta (2008). Los laboratorios virtuales aplicados a la Biología en la enseñanza secundaria: una evaluación basada en el modelo CIPP [en línea]. Tesis doctoral (Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales). Madrid (España): Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Educación, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. 410 p. + anexos. ISBN: 978-84-692-2775-6
- LÓPEZ-AGUDELO, Víctor A.; BARRAGÁN, Daniel & PARRA, Wilson (2013). Un método para enseñar el porqué suceden las reacciones químicas [en línea]. En: Química. Nova, Vol. 36, No. 1. São Paulo (SP, Brasil): Sociedade Brasileira de Química. p. 177-180. e-ISSN 1678-7064 <<http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2013/vol36n1/28-ED12346.pdf>> [consulta: 20/03/2016]
- LUENGAS, Lely Adriana, GUEVARA, Juan Carlos & SÁNCHEZ, Giovanni. (2009). Cómo desarrollar un Laboratorio Virtual?: Metodología de Diseño [en línea]. En: XIV Taller Internacional de Software Educativo, TISE'09 (01-03/12/2009). Santiago (Chile): Universidad de Chile, Centro de Computación y Comunicación para la Construcción de Conocimiento (C5). SÁNCHEZ ILABACA, Jaime (ed.). Nuevas Ideas en Informática Educativa, Vol. 5, p. 165-170 <http://www.tise.cl/2009/tise_2009/pdf/20.pdf> [consulta: 20/06/2016]
- MAUREL, María del Carmen (2014). Laboratorio virtual, una alternativa para mejorar la enseñanza de Física y química en los primeros años de la carrera de Ingeniería en sistemas de Información de la FRRE-UTN [en línea]. Tesis (Magíster en Tecnología Informática aplicada en Educación). La Plata (Argentina): Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Informática. 97 p. <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/48276/Documento_completo.pdf?sequence=3> [consulta: 16/06/2016]
- MAUREL, María del Carmen; MARÍN, María Bianca & BARRIOS, Teresita Haydeé (2016). Física: un espacio virtual de experimentación [en línea]. En: Suplemento Signos EAD, No. 1 (abr). Buenos Aires (Argentina): Universidad del Salvador. P. 1-18. E-ISSN: 2524-9207. <<http://p3.usal.edu.ar/index.php/supsignosead/article/view/3681/4560>> [consulta: 20/06/2016]
- MONGE NÁJERA, Julián & MÉNDEZ ESTRADA, Víctor Hugo (2007). Ventajas y desventajas de usar laboratorios virtuales en educación a distancia: la opinión del estudiantado en un proyecto de seis años de duración [en línea]. En: Educación, Vol. 31, No. 1. San Pedro (Montes de Oca, Costa Rica): Universidad de Costa Rica. p. 91-108. ISSN: 0379-7082 <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44031106>>, <<http://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/1255/1318>> [consulta: 12/10/2014]
- PLACENCIA MEDINA, Maritza Dorila; GARCÍA BUSTAMANTE, Carlos; MENDOZA ROJAS, Hubert James; TENORIO SALAS, Leonor; SILVA VALENCIA, María & CARREÑO ESCOBEDO, Javier Jorge (2015). Nivel de satisfacción de estudiantes en el diseño e implementación del laboratorio de simulación virtual en la Sección de Farmacología de la Facultad de Medicina de la UNMSM [en línea]. Horizonte Médico, Vol. 15, No. 3 (jul-set). Lima (Perú): Facultad de Medicina Humana de la Universidad de San Martín de Porres. p. 51-56. ISSN: 2227-3530 <<http://www.horizontemedicina.usmp.edu.pe/index.php/horizontemed/article/view/302/290>>, <<http://www.scielo.org.pe/pdf/hm/v15n3/a09v15n3.pdf>> [consulta: 20/06/2016]
- REYES LAZALDE, Arturo; REYES MONREAL, Marleni & PÉREZ BONILLA, María Eugenia (2016). Experimentación virtual con el simulador dosis-respuesta como herramienta docente en biología [en línea]. En: Apertura: Revista de Innovación Educativa, Vol. 8, No. 2 (oct). Guadalajara (Jalisco, México): Sistema de Universidad Virtual, Universidad de Guadalajara. p. 22-37. ISSN: 2007-1094 <<http://dx.doi.org/10.18381/Ap.v8n2.855>>, <<http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura/article/view/855/607>> [consulta: 20/10/2016]

- ROMERO ARIZA, Marta & QUESADA ARMENTEROS, Antonio (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias [en línea]. En: Enseñanza de las Ciencias, Vol. 32, No. 1 (mar). Barcelona (España): Institut de Ciències de l'Educació, Universitat Autònoma de Barcelona. p. 101-115. e-ISSN: 2174-6486 <<http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.433>>, <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2014v32n1/edlc_a2014v32n1p101.pdf> [consulta: 12/06/2016]
- SUÁREZ CANO, Mario Alejandro & SANDOVAL ESCOBAR, Marithza (2012). Validación piloto de un laboratorio virtual para el estudio de los procesos de decisión económica [en línea]. En: Cultura, Educación y Sociedad, Vol. 3, No. 1. Barranquilla (Colombia): Universidad de la Costa. p. 107-127. E-ISSN: 2389-7724. <http://revistascientificas.cuc.edu.co/index.php/culturaeducacionysociedad/article/view/959/pdf_179> [consulta: 13/06/2016]
- VARGAS GARCÍA, Dolly & VEGA, Omar Antonio (2015). Acercamiento al perfil de uso de TIC por docentes en el sector rural colombiano [en línea]. En: Revista Redes de Ingeniería, Vol. 6, No. 2 (jul-dic). Bogotá (Colombia): Universidad Distrital 'Francisco José de Caldas'. p. 44-53. ISSN: 2248-762X <<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/REDES/article/view/9114/11343>> [consulta: 20/08/2016]
- VEGA, Omar Antonio (2015). Educación para el desarrollo humano y el trabajo dirigido a jóvenes escolarizados del sector rural: una experiencia con el apoyo de la inclusión digital. En: VEGA, Omar Antonio; VARGAS GARCÍA, Dolly; MEJÍA CORREA, José Fernando, MELO SOLARTE, Diego Samir & SERNA MENDOZA, Ciro Alfonso. Ambientes Virtuales innovadores: una aproximación. Bogotá (Colombia): Uniediciones. p. 17-55. ISBN: 978-958-9314-91-3
- ZARAGOZÍ ZARAGOZÍ, Benito; TORRES PRIETO, José, & BELDA ANTOLÍ, Antonio (2015). Una aplicación Web para la exploración interactiva e intuitiva de las pirámides de población de España [en línea]. En: XIII Jornades de xarxes d'investigació en docència universitària: Noves estratègies organitzatives i metodològiques en la formació universitària per a respondre a la necessitat d'adaptació i canvi (02-03/07/2015). Alacant (Spain): Universitat d'Alacant. TORTOSAYBÁÑEZ, María Teresa; ÁLVAREZ TERUEL, José Daniel & PELLÍN BUADES, Neus (coord.). XIII Jornades de xarxes d'investigació en docència universitària. p. 427-439. ISBN: 978-84-606-8636-1 <<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/48708>> [consulta: 10/06/2016]