

PROPUESTA PEDAGÓGICA PARA EL USO DE LABORATORIOS VIRTUALES COMO ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA EN LAS ASIGNATURAS TEÓRICO-PRÁCTICAS

CHERLYS INFANTE JIMÉNEZ

Resumen:

Entre las herramientas digitales diseñadas con fines educativos, los laboratorios virtuales destacan por su impacto visual y sus características de animación, las cuales simulan el ambiente de un laboratorio real. En este trabajo se analizan las ventajas y desventajas de la utilización de los laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. Como resultado de este análisis se generó una propuesta de implementación, que integra la simulación, creando un entorno *blended learning* (*b-learning*), mezcla de actividades presenciales y virtuales, que propicia el auto-aprendizaje y el trabajo colaborativo. Este recurso tiene un gran potencial que aún no se ha utilizado por parte de la gran mayoría de los docentes, a pesar de estar disponible en la red de forma gratuita.

Abstract:

Among the digital tools designed for educational purposes, virtual laboratories are outstanding because of their visual impact and animation features that simulate a real laboratory environment. This paper analyzes the advantages and disadvantages of using virtual laboratories as a supplementary activity in theoretical/practical courses. The analysis led to the generation of an implementation proposal that includes simulation to create a setting of blended learning (*b-learning*): a mixture of classroom and virtual activities that promotes independent study and collaborative work. The resource has great potential that most teachers have yet to address, although it is available online free of charge.

Palabras clave: educación virtual, propuesta educativa, métodos de enseñanza, interactividad, simulación.

Keywords: virtual education, educational proposal, teaching methods, interactivity, simulation.

Cherlys Infante Jiménez es docente titular Facultad de Ciencias Farmacéuticas de la Universidad de Cartagena. Cra. 6 (Calle de la Universidad) núm. 36-100, Cartagena de Indias, Colombia. CE: cinfantej@unicartagena.edu.co

Introducción

Desde su creación, el laboratorio virtual ha sido definido de varias formas, entre ellas podemos citar el concepto de la Reunión de Expertos sobre Laboratorios Virtuales (UNESCO, 2000): “un espacio electrónico de trabajo concebido para la colaboración y la experimentación a distancia con objeto de investigar o realizar otras actividades creativas, y elaborar y difundir resultados mediante tecnologías difundidas de información y comunicación”.

Otra definición más específica considera que un laboratorio virtual es 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 (Sanz y Martínez, 2005).

El panorama actual del proceso enseñanza-aprendizaje plantea nuevos retos académicos, especialmente en lo que se refiere a metodologías capaces de construir competencias orientadas al logro de una mayor autonomía del estudiante, puesto que el aprendizaje será más efectivo si en alguna etapa de la experiencia el alumno puede participar activamente mediante la experimentación, el análisis y la toma de decisiones.

Al respecto resultan muy útiles los laboratorios virtuales, que pueden utilizarse como una herramienta de refuerzo y apoyo para que los estudiantes potencien sus conocimientos por sí solos o bien se pueden implementar como elemento didáctico en las clases expositivas para fomentar un entorno participativo y constructivista. De manera añadida, mediante su uso también se potencia la adquisición de competencias en el manejo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), tan importantes hoy en día para la formación del estudiante (Molina, 2012).

La práctica de laboratorio es una potente estrategia pedagógica para la construcción de competencias procedimentales y por este motivo es utilizada en una gran variedad de programas académicos, usualmente sincronizada con su asignatura teórica correspondiente.

La planificación de las actividades a realizar es clave para el logro de los objetivos; en este sentido, la práctica pedagógica tradicional tiende a secuenciar el conocimiento teórico y práctico.

Los laboratorios convencionales, con toda su infraestructura de vidriería, equipos y reactivos químicos, han sido tradicionalmente el lugar

predilecto para desarrollar prácticas y hacer experimentación en las carreras de ciencias y ciencias aplicadas. Sin embargo, a medida que los modelos educativos se han vuelto más flexibles y enfocados a competencias, la inclusión de las TIC ha cambiado radicalmente el concepto de espacio físico; esto ha hecho patente una serie de limitaciones pues a pesar de la enorme importancia que éste tiene para el aprendizaje, no puede ofrecer la versatilidad idónea que se necesita en la actualidad. También es un hecho que la práctica de laboratorio presenta elevados tiempos de respuesta, los cuales tienden a bajar su productividad.

Una de las principales ventajas que ofrece el trabajo práctico en el laboratorio es su interactividad, puesto que permite al estudiante el contacto con los elementos, su manipulación y sus transformaciones. Al poder observar lo que sucede en los experimentos, 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. Sin embargo, a pesar de ser un lugar ideal para la experimentación, este espacio también presenta inconvenientes, entre los que podemos destacar el costo inicial, el mantenimiento, el consumo de energía y las restricciones de espacio debido al incremento en la matrícula, propia de la explosión demográfica (Lorandi *et al.*, 2011).

La realización de experimentos con plantas reales suele ser costosa en términos de tiempo, dinero y energía, ya que requiere la puesta a punto de infraestructuras normalmente caras y difíciles de sostener en buenas condiciones. Además, es frecuente que una vez que se les dé el mantenimiento necesario permanezcan infrautilizadas debido, fundamentalmente, al escaso tiempo que los alumnos pueden emplearlas y a que se suele tratar de infraestructuras sensibles a usos indebidos que ellos les puedan dar, dificultándose la realización de las prácticas necesarias con equipos reales (Calvo *et al.*, 2008).

Por otro lado, las prácticas reales necesitan de una supervisión y puesta a punto por parte de los profesores o los encargados de los laboratorios, por lo que se limita de manera natural el número de estudiantes que pueden ser atendidos, llegando muchas veces a ser recursos subutilizados, además de que obliga a la presencia física del alumno (Lorandi *et al.*, 2011).

Los enfoques actuales para mejorar la educación se apoyan en la disponibilidad de tecnología multimedia e interactiva. Este cambio en el para-

digma se debe, en parte, a la demanda intrínseca de la integración de las tecnologías de la información con los instrumentos pedagógicos clásicos (lo que se conoce como *blended learning* o *b-learning*) (Dinov, Sánchez y Christou, 2008).

Los ambientes de aprendizaje basados en la web se han hecho muy populares en educación superior; uno de los recursos pedagógicos más importantes es el laboratorio virtual, el cual permite que el estudiante acceda con facilidad a una gran variedad de herramientas a través de una interfaz interactiva.

Las exigencias de incorporación de la tecnología a los programas educativos a nivel mundial ha llevado a la formulación de estándares como el reportado en el documento de la UNESCO (2008), el cual considera que “las prácticas educativas tradicionales, ya no proveen a los docentes las habilidades para enseñar a sus estudiantes a sobrevivir económicamente en los espacios laborales actuales”.

Es bien sabido que la sola herramienta didáctica resulta insuficiente cuando se trata de construir competencias y que se hace estrictamente necesaria una metodología adecuada para direccionar las actividades hacia el logro de objetivos propuestos. La preparación del docente para incorporar de manera efectiva las TIC a su programa particular es uno de los desafíos identificados al estudiar la forma en que los profesores han utilizado estas tecnologías para diseñar sus experiencias de aprendizaje. Esto involucra varios aspectos como la escasez de modelos para el uso pedagógico de las TIC, acceso limitado algunas veces por barreras del idioma y conceptos erróneos e incomodidad de los profesores al utilizar la tecnología (Martinovic y Zhang, 2012).

Actualmente las TIC ofrecen la posibilidad de realizar actividades complementarias a la práctica, las cuales facilitan el trabajo de análisis de resultados, a la vez que proveen un panorama mucho más amplio del problema puntual que se estudió en el laboratorio.

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.

Usualmente los *applets* son pequeños programas hechos en Java, cuya ejecución es independiente del sistema operativo que se usa; se encuentran incrustados en una página web y corren en el contexto del navegador que se utiliza.

Los laboratorios virtuales son una herramienta utilizada en los programas académicos de prestigiosas instituciones como el Massachusetts Institute of Technology (MIT) o las universidades de Cambridge y Leipzig (Selmer *et al.*, 2007).

Motivación para el uso de los laboratorios virtuales

El fácil acceso a Internet, tanto por la rapidez como por el bajo costo del servicio, ha impulsado el uso de herramientas virtuales en los procesos de aprendizaje. Los desarrollos en los entornos gráficos han aumentado la motivación para incorporarlas a la educación en todos los niveles (Cartwright y Valentine, 2002).

Entre las ventajas del uso de laboratorios virtuales en el proceso enseñanza-aprendizaje están la variedad metodológica, la flexibilidad y el fácil acceso a las aplicaciones informáticas, una atractiva presentación de contenidos, la posibilidad de contar con nuevos entornos y situaciones problema así como la optimización de recursos y costos.

Dado que un laboratorio virtual se basa en modelos matemáticos que se ejecutan en ordenadores, su configuración y puesta a punto es mucho más sencilla que en los laboratorios reales. Además, los espacios virtuales presentan un grado de robustez y seguridad mucho más elevado ya que al no haber dispositivos reales éstos no pueden causar problemas en el entorno (Calvo *et al.*, 2008).

Los laboratorios virtuales, por otro lado, son desarrollados como un sistema computacional accesible a través de Internet y, mediante un simple navegador, se puede simular un proceso en donde los experimentos se llevan a cabo siguiendo un procedimiento similar al de un laboratorio convencional, inclusive se puede ofrecer la visualización de instrumentos y fenómenos mediante objetos dinámicos, programados mediante *applets* de Java, *Flash*, *CGIs*, *javascripts*, *PHP*, etcétera, incluyendo imágenes y animaciones (Lorandi *et al.*, 2011).

Mediante el uso de aplicaciones privadas o libres ejecutadas a través de Internet se pueden obtener resultados numéricos y gráficos (Lorandi *et al.*, 2011).

Las áreas que se benefician del uso de esta herramienta son varias: salud ocupacional, medio ambiente, economía, educación a distancia y aprendizaje colaborativo:

- *Salud ocupacional*: suprime la exposición a sustancias nocivas que existe en los laboratorios de química, elimina el riesgo biológico al cual se expone el personal que trabaja en los laboratorios de biología, microbiología, bioquímica y en general en ciencias de la vida, además evita el contacto con equipo peligroso en los laboratorios de ingeniería. La fabricación de herramientas automáticas (Ong y Mannan, 2004), el control de procesos (Fabregas *et al.*, 2011) y los laboratorios de proteómica (Ray *et al.*, 2012) son ejemplos de experiencias virtuales que minimizan el riesgo de accidentes de trabajo.
- *Medio ambiente*: no genera residuos, al bajar la frecuencia de las actividades presenciales en el laboratorio disminuye el vertido de sustancias tóxicas a los cuerpos de agua. La simulación molecular evita el contacto con sustancias químicas nocivas (Kofke y Mihalick, 2002).
- *Economía*: se disminuyen los costos de reactivos y materiales. Los cursos prácticos son los más costosos en los programas de ciencias básicas y aplicadas (Lorandi *et al.*, 2011).
- *Educación a distancia*: permite una profundización en los temas, con el consiguiente mejoramiento de los cursos a distancia. Flexibiliza el currículo de los programas presenciales (Monge, Méndez y Rivas, 2005).
- *Aprendizaje colaborativo*: Al estar disponible el mismo recurso para todos, propicia el intercambio de ideas y el trabajo en equipo. El estudiante aprende a su propio ritmo. Un ejemplo de aplicación donde se comparten datos es el laboratorio virtual, que incluye la comunicación síncrona entre usuarios (Jara *et al.*, 2009).

Los laboratorios virtuales representan una opción creativa, moderna y económica para instituciones universitarias, tanto a distancia como presenciales, que requieran de estos espacios dentro de sus procesos de formación (Monge y Méndez, 2007; Muhamad, Zaman y Ahmad, 2012). Con su aplicación se conseguirán simultáneamente dos objetivos didácticos: *a*) realizar prácticas relacionadas con la asignatura ampliando la disponibilidad de los laboratorios y *b*) formar a nuestros alumnos en el uso de las TIC (Calvo *et al.*, 2008).

Asimismo, un laboratorio virtual puede facilitar la realización de prácticas o experiencias a un mayor número de estudiantes, aunque no coincidan en el mismo espacio físico. Permite además simular muchos fenómenos físicos, químicos y biológicos o modelar sistemas, conceptos abstractos y situaciones hipotéticas, controlando la escala de tiempo, la frecuencia, etcétera, ocultando, si así se requiere, el modelo matemático y mostrando sólo el fenómeno simulado e inclusive, de forma interactiva, llevando el laboratorio al hogar de nuestros estudiantes (Lorandi *et al.*, 2011).

Desde el punto de vista conductual, el laboratorio virtual provee a cada estudiante su propio ambiente de aprendizaje, propiciando la participación de aquellos más tímidos, quienes tienen en este caso la oportunidad de explorar la experiencia a su propio ritmo, aumentando la probabilidad de lograr las competencias deseadas. Los estudiantes aprenden mediante prueba y error, sin miedo a sufrir o provocar un accidente, sin avergonzarse de realizar varias veces la misma práctica, ya que pueden repetirlas sin límite; sin temor a dañar alguna herramienta o equipo (Rosado y Herreros, 2009).

El uso de herramientas virtuales para el aprendizaje del funcionamiento de equipos es otro de los aspectos positivos a resaltar, especialmente cuando se trata de grupos numerosos, puesto que los aprendices empiezan a manejar la máquina virtual fuera del laboratorio, se familiarizan con ella y, de esta forma, se agiliza el proceso inicial de reconocimiento del equipo, pasando rápidamente a su uso en experimentos significativos.

El laboratorio virtual aplicado a las ciencias de la vida permite manejar de manera adecuada las consideraciones éticas relacionadas con el uso de animales y en general de seres vivos en la experimentación.

La presión que existe debido al tiempo estipulado para la práctica real deja de ser un motivo de estrés para el estudiante, puesto que tendrá disponible el laboratorio virtual cada vez que necesite volver a realizar la experiencia para hacer observaciones adicionales mientras completa las actividades propuestas alrededor de la práctica.

Desde el enfoque de modelos pedagógicos, los laboratorios virtuales promueven el uso del constructivismo, manifestándose en el aprendizaje autónomo, el ejercicio de análisis de casos y pensamiento crítico.

Aunque en este caso no se interacciona con plantas reales, la experimentación con modelos simulados es comparable siempre que se cumplan las siguientes premisas: *a)* que se usen modelos matemáticos realistas que

representen al alumno los detalles importantes del sistema a analizar y *b)* que se complementen las gráficas que muestran la evolución temporal de los sistemas con animaciones que permitan a los estudiantes visualizar y entender mejor el comportamiento del sistema (Calvo *et al.*, 2008).

Limitaciones en el uso de laboratorios virtuales

Como inconveniente con respecto a los laboratorios reales cabe señalar que los virtuales están limitados por el modelo y para poder ser manejables tienden a simplificarse, con lo que se pierde información con respecto al sistema real (Calvo *et al.*, 2008).

El uso de esta herramienta está sujeto a un proceso de selección muy similar al de cualquier material didáctico, es decir, no cualquier laboratorio virtual puede aplicarse a cierta experiencia real. Al igual que en el espacio real, resultan clave la delimitación de contenidos, la especificación de los recursos necesarios y la organización de las experiencias. En este sentido es fundamental el papel del docente para elegir la herramienta, mediante un proceso de evaluación previa y de acuerdo con el nivel del grupo de estudiantes.

La evaluación del recurso didáctico digital es clave para su aplicación en cada nivel educativo; ésta involucra criterios como la presentación, contenido, facilidad de uso, actualidad e interactividad. No obstante esto se considera una desventaja en este momento porque no existe una homogeneidad en cuanto a las competencias de los docentes para el manejo de las TIC.

Otra desventaja es que no todos los laboratorios virtuales pueden ser manejados por los estudiantes de manera independiente, en la mayoría de los casos se hace necesaria la tutoría del docente, ya sea presencial o de manera remota.

Por el reto que representan las TIC en un sector de la docencia, existe una resistencia entendible al uso de laboratorios virtuales en las instituciones educativas donde predomina el uso de recursos tradicionales, tanto en el modelo educativo como en el laboratorio convencional (Lorandi *et al.*, 2011).

Los productos del laboratorio virtual, en contraste con los del real, pueden resultar poco atractivos al no poder percibirse como objetos tridimensionales. Además, con estas simulaciones, el alumno no manipula de una manera directa los equipos e instrumentos de laboratorio (Lorenzo, 2013), lo cual es una desventaja si se trata de construir competencias procedimentales.

Uso de simulaciones virtuales en educación

Un laboratorio virtual tiene una función principalmente pedagógica que permite asimilar conceptos, leyes y fenómenos sin tener que esperar largos lapsos e invertir en infraestructura. También es una herramienta para la predicción y verificación de datos para el diseño de experimentos cada vez más complejos (Velasco *et al.*, 2013). Puesto que en la actualidad resulta natural para el estudiante el uso de recursos digitales en su vida cotidiana, sería lógico que éstos también fuesen aprovechados al máximo por los docentes al momento de diseñar sus estrategias pedagógicas.

Muchas asignaturas pueden beneficiarse de las ventajas que proveen los laboratorios virtuales, ya que permiten la flexibilidad y accesibilidad al aprendizaje práctico a través de simulaciones. El éxito de un laboratorio virtual depende fundamentalmente de la manera en que ha sido planeada la interacción así como de una buena moderación por parte del facilitador (Novoa y Flórez, 2011). La interactividad en este tipo de herramientas didácticas es un componente clave, puesto que permite al estudiante no sólo visualizar los elementos de la práctica sino introducirse en el mundo virtual con la posibilidad de realizar, entre otras acciones, movimientos con los objetos, unirlos, separarlos, desplazarlos, llenar y vaciar recipientes, medir volúmenes, pesar, cambiar de escenario o seleccionar variables.

Como apuntamos, los laboratorios virtuales pueden aplicarse en diversos campos entre los que destacan los de ciencias biológicas, químicas, físicas, ingeniería y control de procesos. Asimismo, se pueden aplicar para demostrar procesos o sucesos que tardan mucho tiempo en ocurrir, como en los casos donde se quiera demostrar el comportamiento en el crecimiento de plantas o cultivos, los bio-procesos e incluso los estragos de los cambios ambientales (Velasco *et al.*, 2013).

Los recursos de aprendizaje interactivos basados en la web tienen el potencial para apoyar el trabajo en equipo facilitando la comunicación a través de foros, *wikis*, blogs, audio, videoconferencias así como redes sociales (Allison *et al.*, 2012). El concepto de laboratorio virtual está implícito en otras nociones tales como las de “colaboración”, “grupo de trabajo virtual”, “empresa virtual”, “grupo interinstitucional” y “grupo de colaboración a distancia” (Sandoval, Romero y Von Borstel, 2010).

Algunos de estos recursos muestran gran flexibilidad, permitiendo trabajar con datos del mundo real, con lo cual se puede comparar la predicción del programa simulador con lo que sucede en la experiencia de laboratorio.

Los entornos de experimentación han sido ampliados gracias al desarrollo de recursos virtuales que simulan las condiciones de un laboratorio real y a las innovaciones en comunicación entre equipos electrónicos.

Es necesario aclarar que, de acuerdo con la metodología aplicada, el laboratorio virtual puede ser clasificado como local o remoto (cuadro 1), si la actividad es presencial con la guía del docente o si es a distancia con o sin la guía del profesor, respectivamente.

CUADRO 1

Clasificación de los entornos experimentales

Laboratorio	Real	Virtual
Local	Laboratorios presenciales con plantas reales	Laboratorios presenciales con plantas simuladas
Remoto	Tele-operación de una planta real	Laboratorio remoto con plantas simuladas

Fuente: Calvo *et al.*, 2008.

Se entiende por laboratorio remoto real aquel que existe y puede ser manipulado de forma remota a través de Internet, haciendo uso de *webcams*, *hardware* específico para la adquisición local de datos y *software* para dar una sensación de proximidad con el equipamiento; y por laboratorio virtual (local o remoto) aquel que utiliza *software* informático genérico o específico para recrear el comportamiento de plantas de experimentación que únicamente existen en ordenadores usados para la simulación (Calvo *et al.*, 2008).

Un entorno de experimentación debería atender a los cuatro tipos descritos anteriormente ya que un usuario podría desear experimentar sobre un sistema real o simulado de forma local o remota. Tal flexibilidad podría permitir a un usuario ser más autónomo en la organización de su tiempo para la realización de las prácticas basado en su movilidad y frecuencia de sus conexiones a Internet (Dormido y Torres, 2010).

Encontrar el recurso adecuado para lograr los objetivos propuestos se facilita por el hecho de que, generalmente, éstos aparecen etiquetados y organizados con el fin de mejorar su accesibilidad por parte del usuario.

Aunque los recursos virtuales interactivos permiten la masificación del aprendizaje, es posible monitorear y analizar el uso del programa de simulación a nivel individual, retroalimentando al proceso educativo sobre una base personalizada, ayudando también a identificar las fortalezas y limitaciones del recurso (Allison *et al.*, 2012).

La elección del programa de simulación debe tener en cuenta las características que se relacionan con los objetivos de aprendizaje puesto que cada uno tendrá su énfasis particular y permitirá diferentes niveles de profundidad en el abordaje del problema bajo estudio.

La facilidad para explorar la experiencia virtual, la hace sumamente atractiva como herramienta didáctica, donde está permitido cometer errores y aprender del error. Los simuladores pueden usarse con el fin de acelerar el aprendizaje, exponiendo a los aprendices a diferentes ambientes de trabajo y condensando largos periodos en cortos lapsos (Wood, 2009), por ejemplo, se pueden observar los resultados de un estudio de estabilidad de medicamentos que dura meses en sólo unos minutos.

Los laboratorios virtuales y remotos no pretenden suplantar ni competir con los tradicionales. De hecho, constituyen una posible extensión de los mismos abriendo nuevas perspectivas que dentro de un laboratorio físico no se podrían explorar completamente a un costo asequible (Jara, Candela y Torres, 2007).

Experiencias en la aplicación de laboratorios virtuales

Se ha demostrado la utilidad de las herramientas interactivas virtuales en asignaturas como la matemática (Lee y Hollebrands, 2006; Reeda, Drijvers y Kirschner, 2010; Loong y Herbert, 2012), la estadística y la fisicoquímica (Emmungil y Geban, 2010; Bhattacharjee y Paolini, 2009).

El cuadro 2 contiene algunos ejemplos de herramientas digitales útiles para realizar laboratorios virtuales en diversos campos disciplinares.

Kofke y Mihalick (2002) crearon un *software* para la enseñanza que utiliza un simulador molecular. La simulación molecular es una herramienta muy útil para generar datos cualitativos y por este motivo ha sido incorporada a los currículos de pregrado y posgrado. La simulación molecular facilita la comprensión de contenidos relacionados con la termodinámica, los fenómenos de transporte y el comportamiento de los materiales. El estudiante puede manipular el sistema físico y observar las respuestas que emergen de las interacciones colectivas de las moléculas modelo.

CUADRO 2

Algunos ejemplos de herramientas digitales útiles para la realización de laboratorios virtuales

Programa	Contenido	URL
Virtual labs	Laboratorios virtuales de ciencia e ingeniería	http://www.vlab.co.in/
Virtual laboratory	Experimentos en ciencia e ingeniería	http://www.jhu.edu/virtlab/virtlab.html
Física con ordenador	Curso interactivo de física	http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/
Gaseq	Programa de equilibrio químico	http://www.c.morley.dsl.pipex.com/
Chemcollective	Simulaciones de química y fisicoquímica	http://chemcollective.org/vlabs
Chemistry experiments and exercises	Laboratorios virtuales de química y fisicoquímica	http://www.chem.queensu.ca/people/faculty/mombourquette/firstyrchem/Applets/index.html

Ong y Mannan (2004) desarrollaron un *software* educativo para simular de manera interactiva la fabricación de herramientas automáticas. La ventaja de esta tecnología es que se pueden visualizar partes internas difíciles de mostrar en una transparencia o diapositiva. Las aplicaciones de realidad virtual tienen un gran potencial en la educación en todos los niveles, complementando los enfoques actuales. Los mundos virtuales proveen representaciones tridimensionales y múltiples perspectivas que logran un alto grado de concentración y motivación en el aprendiz.

Una experiencia exitosa en el uso de laboratorios virtuales fue presentada por Monge, Méndez y Rivas (2005); en este estudio se elaboraron once laboratorios para resolver distintos problemas y se demostró que estas actividades eran efectivas al realizarlas tanto de manera presencial como a distancia. La estructura del laboratorio contenía un mapa conceptual, objetivos, ayuda, explicación teórica, actividades y cuestionario de evaluación.

Jara *et al* (2009) propusieron un esquema que combina el laboratorio virtual con el aprendizaje colaborativo en tiempo real. El sistema enlaza los

applets de Java para establecer una comunicación síncrona de los usuarios y fue aplicado en varias universidades españolas con resultados positivos.

Luengas, Guevara y Sánchez (2009) crearon una propuesta metodológica para el desarrollo de herramientas *hardware-software* que pudieran aplicarse a las estrategias de enseñanza ayudando a desarrollar habilidades y actitudes en los estudiantes y reforzando el proceso de autoformación, manejo de tiempos y autoevaluación. Este estudio estuvo basado en la realidad virtual, pues se presentaron laboratorios a los cuales se accede por medio de dispositivos que, adicionalmente, permiten interactuar con el mismo laboratorio y sus elementos.

Emmungil y Geban (2010) realizaron un estudio que incluía variables cualitativas y cuantitativas para evaluar el impacto de la implementación de un curso de estadística real con apoyo en recursos virtuales. Para ello el sistema registraba las estadísticas de uso de las diferentes partes del contenido del curso virtual.

La Universidad de Toronto ha utilizado con éxito el laboratorio virtual en su curso de fisiología (Perumalla *et al.*, 2011). Tanto el curso presencial como a distancia incluyen doce sesiones de laboratorio virtual. Los resultados mostraron que no hubo diferencia significativa entre el desempeño de una y otra modalidad.

Fabregas *et al.* (2011) desarrollaron un laboratorio remoto con herramientas virtuales para la enseñanza de la ingeniería en el área de control de procesos. La propuesta permitía que los estudiantes experimentaran, de forma remota, el control de una planta real como una actividad complementaria al laboratorio tradicional.

Jara *et al.* (2011) presentaron una experiencia educativa basada en *b-learning* utilizando un laboratorio de robótica virtual y remoto, secuenciando la práctica con la simulación.

Lorandi *et al.* (2011) analizaron los aportes didácticos que pueden hacer los laboratorios virtuales y remotos a la enseñanza de la ingeniería, además de las ventajas económicas de su uso en relación con el recurso físico y humano.

Es de resaltar el hecho de que trasladar al estudiante a un ambiente virtual favorece el aprendizaje autónomo al permitir personalizar el experimento, es decir, cada individuo asigna sus propios valores a las variables y luego puede compartir sus resultados con el grupo, resultando así una experiencia más enriquecedora que el laboratorio convencional, donde se sigue de manera más estricta un procedimiento rígido.

Ray *et al.* (2012) desarrollaron un laboratorio virtual de proteómica, incluyendo diferentes técnicas de separación de proteínas, identificación, métodos de acoplamiento molecular y sus aplicaciones a muestras biológicas; en su implementación siguieron un procedimiento de varias etapas: entrada de datos, almacenamiento, procesamiento de la información, visualización de los datos almacenados e incorporación de *software* externo para videos.

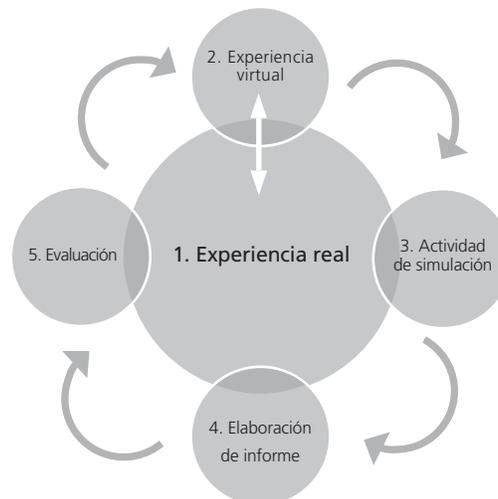
Barrios *et al.* (2013) desarrollaron e implementaron un sistema multiusuario para integrar laboratorios académicos remotos con propósitos educativos utilizando *applets* en Java. Esta estrategia de comunicación permite compartir recursos y comparar metodologías. La arquitectura incluyó tres capas: la primera era un sistema de administración del aprendizaje (LMS) orientado al usuario, la segunda un sistema de administración de los distintos módulos y la tercera las aplicaciones de control de procesos de cada laboratorio.

Propuesta pedagógica

Como resultado del análisis de las experiencias reportadas, se presenta una propuesta para la aplicación del laboratorio virtual como complemento de las actividades desarrolladas en el espacio tradicional (figura 1).

FIGURA 1

Propuesta pedagógica para la integración del laboratorio virtual como actividad complementaria de la práctica de laboratorio



El problema

En el contexto de la educación, uno de los principales problemas a los que se enfrentan los métodos de enseñanza es la separación de los conocimientos teóricos y la formación práctica; tal división ha originado límites muy marcados entre el aprendizaje de conceptos, la resolución de problemas y la realización de prácticas de laboratorio, con lo que se coarta el aprendizaje (Velasco *et al.*, 2013). Ante la necesidad de complementar las actividades realizadas en el laboratorio –las cuales son insuficientes para proveer un panorama amplio de la temática a trabajar debido a limitaciones de tiempo y recursos tanto físicos como humanos– surge como una alternativa viable el uso del laboratorio virtual, brindando la oportunidad de profundizar en los temas, realizando múltiples experiencias en corto tiempo.

Objetivos

Se busca ampliar el panorama del trabajo práctico, profundizar en el análisis del problema estudiado y utilizar herramientas didácticas virtuales disponibles en la red para simular situaciones reales en un entorno controlado; de igual forma el alcance de la propuesta incluye generar motivación para explorar otros aspectos relacionados con el experimento y resaltar la comunicación entre grupos como parte fundamental del trabajo cooperativo.

Metodología

La estructura de la propuesta comprende cinco etapas: la experiencia real, la experiencia virtual, una actividad derivada de la simulación, la elaboración de un informe y la evaluación. El trabajo de laboratorio ocupa un lugar central puesto que ahí participan todos los sentidos y este contacto con los elementos que conforman el sistema bajo estudio es indispensable para la construcción de las competencias procedimentales. Los estudiantes forman grupos de tres o cuatro integrantes, organizando las actividades desde la planificación, ejecución y control para el tiempo estipulado. En esta etapa de experimentación real es crítico el registro de datos, a partir de la determinación analítica y la observación, los cuales serán procesados y analizados.

Luego está la experiencia virtual, la cual permite la repetición del experimento cambiando el valor de ciertas variables; los datos generados pueden ser tratados total o parcialmente dentro del mismo simulador a través de la construcción de gráficos.

En la figura 1 la doble flecha que conecta la experiencia real y la virtual indica que el orden propuesto no es estricto, puesto que si se sigue la secuencia numérica, el alumno contará con suficientes elementos para abordar el laboratorio virtual con mayor autonomía; en caso contrario, al realizar previamente la simulación estará familiarizado con la práctica y se esperaría un desempeño más fluido durante el desarrollo de la misma en el ambiente real.

La actividad derivada del programa de simulación puede también ser propuesta de manera parcial o total, pero en cualquier caso es deseable que el docente haga su aporte particular, con el fin de despertar el interés de los estudiantes.

La elaboración del informe resulta de esta manera una actividad con mayor variedad de aportes y por tanto con mayores posibilidades de discusión de los resultados. Incluye los resultados obtenidos en el laboratorio y en la simulación, los cuales deben analizarse con respecto a los datos generados por los distintos grupos de trabajo, así como teniendo en cuenta datos de referencia.

Por último, la evaluación abarcará la síntesis de todo el conjunto de experiencias. Sus resultados retroalimentan el sistema real y virtual actualizándolos y adaptándolos a las necesidades curriculares.

Resultados esperados

La complementación de las actividades de práctica en el laboratorio con actividades virtuales sobre la misma temática debería favorecer la construcción de competencias procedimentales y analíticas en los estudiantes, mostrando una visión más global del tema estudiado. La aplicación de esta propuesta está enfocada a que los estudiantes ejerciten la toma de decisiones, la solución de problemas, la interacción entre grupos para llegar a acuerdos e, incluso, la capacidad de generar propuestas de mejoramiento.

Ejemplo de aplicación de la propuesta: laboratorio de Físicoquímica

La práctica de laboratorio está estructurada en una serie de pasos con el fin de aplicar el balance de energía térmica a un sistema con transferencia de calor (figura 2).

Se inicia con la determinación de la capacidad calorífica del calorímetro y luego se realiza el experimento para hallar el calor de neutralización entre un ácido fuerte y una base fuerte. Adicionalmente se realiza la de-

terminación del calor de solución, calor específico de un sólido y calor específico de un líquido.

FIGURA 2

*Implementación de la propuesta pedagógica:
Práctica de calorimetría*



El laboratorio virtual contiene esencialmente las mismas experiencias, comenzando con la parte conceptual, los objetivos, el funcionamiento del *applet* y las actividades propuestas. El estudiante tiene la opción de cambiar los parámetros, el tipo de sustancia o el método por el cual se transfiere el calor. Después de obtener la respuesta, debe proceder a incluir los valores en el balance de energía para calcular la cantidad de calor involucrado.

Una vez realizada la simulación, se propone el desarrollo de una actividad relacionada con cada uno de los aspectos trabajados en el laboratorio, asignándolos por grupos. Para esto es necesario utilizar el *applet*, por lo cual se considera un complemento del laboratorio virtual.

El informe es un documento que sigue las normas de contenido para los trabajos escritos, teniendo en cuenta que el mayor peso estará representado por el análisis y discusión de resultados, contemplando la comparación entre grupos y con datos de referencia.

Las estrategias de evaluación pueden ser muy variadas, desde pruebas escritas individuales o grupales hasta sustentaciones orales; en todo caso éstas deben abarcar todo el conjunto de actividades tanto reales como virtuales.

Conclusiones

Los laboratorios virtuales son una valiosa herramienta digital que complementa eficazmente la práctica de laboratorio, con las ventajas de estar siempre disponibles y accesibles.

La propuesta pedagógica para la inclusión del laboratorio virtual en el esquema tradicional comprende cinco etapas: experiencia real, experiencia virtual, actividad de simulación, elaboración de informe y evaluación.

El criterio del docente es crítico para la selección del laboratorio virtual que mejor se acople a los objetivos de la práctica de laboratorio. Una alternativa consiste en personalizar el ambiente virtual de aprendizaje para casos muy particulares lo cual, por supuesto, requiere un mayor esfuerzo y dedicación pero garantiza óptimos resultados.

En principio el laboratorio virtual puede aplicarse a cualquier nivel educativo, siempre y cuando su selección tenga en cuenta las competencias que se quieren construir.

Uno de los principales retos que se presentan para facilitar la puesta en marcha de esta propuesta es crear un sistema de organización y estandarización de los laboratorios virtuales que favorezca su renovación y reutilización por parte del usuario.

Las potencialidades del laboratorio virtual no han sido explotadas en toda su magnitud. El compromiso del docente como orientador del proceso de aprendizaje lo debe impulsar a utilizar este recurso ya sea bajo el enfoque de esta propuesta como tal o adaptándola a las condiciones de su entorno.

El uso del laboratorio virtual tiende a racionalizar el uso de los recursos, a disminuir el impacto negativo sobre el medio ambiente y a minimizar los riesgos asociados a la salud ocupacional.

Referencias

- Allison, C.; Miller, A.; Oliver, I.; Michaelson, R. y Tiropanis, T. (2012). "The web in education", *Computer Networks*, vol. 56, núm. 18, pp. 3811-3824.
- Barrios, A.; Panche, S.; Duque, M.; Grisales, V.; Prieto, F.; Villa, J.; Chevrel, P. y Canu, M. (2013). "A multi-user remote academic laboratory system", *Computers & Education*, vol. 62, marzo, pp. 111-122.

- Bhattacharjee, S. y Paolini, C. (2009). "Property evaluation in The Expert System for Thermodynamics ('TEST') web application", *Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry*, vol. 33, núm. 2, pp. 343-352.
- Calvo, I.; Zulueta, E.; Gangoiti, U.; López, J.; Cartwright, H. y Valentine, K. (2008). "Laboratorios remotos y virtuales en enseñanzas técnicas y científicas", *Ikastorratza, e-Revista de didáctica*, vol. 3, pp. 1-21.
- Cartwright, H. y Valentine, K. (2002). "A spectrometer in the bedroom-the development and potential of internet-based experiments", *Computers & Education*, vol. 38, núms. 1-3, pp. 53-64.
- Dinov, I.; Sánchez, J. y Christou, N. (2008). "Pedagogical utilization and assessment of the statistic online computational resource in introductory probability and statistics courses", *Computers & Education*, vol. 50, núm. 1, pp. 284-300.
- Dormido, S. y Torres, F. (2010). "Introducción al número especial de laboratorios virtuales y remotos en automática: realizaciones y experiencias", *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, vol. 7, núm. 1, pp. 5-9.
- Emmungil, L. y Geban, O. (2010). "Effect of constructed web-supported instruction on achievement related to educational statistics", *Procedia Social and Behavioral Sciences*, vol. 9, pp. 1347-1351.
- Fabregas, E.; Farias, G.; Dormido-Cantoa, S.; Dormido, S. y Esquembre, F. (2011). "Developing a remote laboratory for engineering education", *Computers & Education*, vol. 57, núm. 2, pp. 1686-1697.
- Jara, C.; Candelas, F. y Torres, F. (2007). "Laboratorios virtuales y remotos basados en EJS para la enseñanza de robótica industrial", trabajo presentado en las XXVIII Jornadas de Automática, Huelva. Disponible en: http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/2230/1/LABORATORIOS_VIRTUALES.pdf (consultado: 6 de diciembre de 2013).
- Jara, C.; Candelas, F.; Torres, F.; Dormido, S.; Esquembrec, F. y Reinoso, O. (2009). "Real-time collaboration of virtual laboratories through the Internet", *Computers & Education*, vol. 52, núm. 1, pp. 126-140.
- Jara, C.; Candelas, F.; Puente, S. y Torres, F. (2011). "Hands-on experiences of undergraduate students in Automatics and Robotics using a virtual and remote laboratory", *Computers & Education*, vol. 57, núm. 4, pp. 2451-2461.
- Kofke, D. y Mihalick, B. (2002). "Web-based technologies for teaching and using molecular simulation", *Fluid Phase Equilibria*, vol. 194, núm. 197, pp. 327-335.
- Lee, H. y Hollebrands, K. (2006). "Students' use of technological features while solving a mathematics problem", *Journal of Mathematical Behavior*, vol. 25, pp. 252-266.
- Loong, E. y Herbert, S. (2012). "Student perspectives of web-based mathematics", *International Journal of Educational Research*, vol. 53, pp. 117-126.
- Lorandi, A.; Hermida, G.; Hernández, J. y Ladrón de Guevara, E. (2011). "Los laboratorios virtuales y laboratorios remotos en la enseñanza de la ingeniería", *Revista Internacional de Educación en Ingeniería*, vol. 4, pp. 24-30.
- Lorenzo, M. (2013). *El uso de laboratorios virtuales para la enseñanza-aprendizaje de ciencias de la naturaleza en 2º de la ESO*, trabajo de maestría, Universidad Internacional de la Rioja. Disponible en: <http://reunir.unir.net/handle/123456789/1485>

- Luengas, L.; Guevara, J. y Sánchez G. (2009). “¿Cómo desarrollar un laboratorio virtual? Metodología de diseño” en J. Sánchez (ed.), *Nuevas ideas en informática educativa*, volumen 5, pp. 165-170, Santiago de Chile. Disponible en: http://www.tise.cl/2009/tise_2009/pdf/20.pdf (consultado: 6 de diciembre de 2013).
- Martinovic, D. y Zhang, Z. (2012). “Situating ICT in the teacher education program: Overcoming challenges, fulfilling expectations”, *Teaching and Teacher Education*, vol. 28, núm. 3, pp. 461-469.
- Molina, J. (2012). “Herramientas virtuales: laboratorios virtuales para ciencias experimentales - una experiencia con la herramienta VCL”, trabajo presentado en X Jornades de xarxes d'investigació en docència universitària. Disponible en: <http://web.ua.es/es/ice/jornadas-redes-2012/documentos/posters/245405.pdf> (consultado: 6 de diciembre 2013).
- Monge, J.; Méndez, V. y Rivas, M. (2005). “El potencial de los laboratorios virtuales en la educación a distancia: lecciones aprendidas tras 10 años de implementación”, San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia. Disponible en: <http://repositorial.cuaed.unam.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/1309/1/2005-02-1919mongeLaboratoriosVirtuales.pdf> (consultado: 6 de diciembre de 2013).
- Monge, J. y Méndez, V. (2007). “Ventajas y desventajas de usar laboratorios virtuales en educación a distancia: la opinión del estudiantado en un proyecto de seis años de duración”, *Revista Educación*, vol. 31, núm. 1, pp. 91-108.
- Muhamad, M.; Zaman, H. y Ahmad, A. (2012). “Virtual Biology Laboratory (VLab-Bio): Scenario-based Learning Approach”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 69, pp. 162-168.
- Novoa, N. y Flórez, H. (2011). “Los laboratorios virtuales adaptativos y personalizados en la educación superior”, *Revista Vínculos*, vol. 8, núm. 2, pp. 36-47.
- Ong, S. y Mannan, M. (2004). “Virtual reality simulations and animations in a web-based interactive manufacturing engineering module”, *Computers & Education*, vol. 43, núm. 4, pp. 361-382.
- Perumalla, C.; Mak, J.; Kee, N. y Matthews, S. (2011). “Integrating web applications to provide an effective distance online learning environment for students”, *Procedia Computer Science*, vol. 3, pp. 770-784.
- Ray, S.; Koshy, N.; Reddy, P. y Srivastava, S. (2012). “Virtual labs in proteomics: New e-learning tools”, *Journal of proteomics*, vol. 75, núm. 9, pp. 2515-2525.
- Reeda, H.; Drijvers, P. y Kirschner, P. (2010). “Effects of attitudes and behaviours on learning mathematics with computer tools”, *Computers & Education*, vol. 55, núm. 1, pp. 1-15.
- Rosado, L. y Herreros, J. (2009). “Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física”, Recent Research Developments in Learning Technologies, International Conference on Multimedia and ICT in Education, 22-24 abril, Lisboa. Disponible en: www.formatex.org/micte2009/ (consultado: 6 de diciembre 2013).
- Sandoval, J.; Romero, E. y Von Borstel, F. (2010). “Desarrollo de laboratorios virtuales-remotos en México”, *Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo de México*, vol. 2, núm. 46, pp. 1.

- Sanz, A. y Martínez, J. (2005). “El uso de los laboratorios virtuales en la asignatura Bioquímica como alternativa para la aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación”, *Tecnología Química*, vol. 25, núm. 1, pp. 5-17.
- Selmer, A.; Kraft, M.; Moros, R. y Colton C. (2007). “Weblabs in chemical engineering education”, *Education for Chemical Engineers*, vol. 2, núm. 1, pp. 38-45.
- UNESCO. (2000). *Informe de la Reunión de Expertos sobre Laboratorios Virtuales*, París: UNESCO. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001191/119102s.pdf> (consultado: 6 de diciembre de 2013).
- UNESCO (2008). *ICT competency standards for teachers*, París: UNESCO. Disponible en: <http://cst.unesco-ci.org/sites/projects/cst/The%20Standards/ICTCSTCompetency%20Standards%20Modules.pdf>. (consultado: 6 de diciembre 2013).
- Velasco, A.; Arellano, J.; Martínez, J. y Velasco, S. (2013). “Laboratorios virtuales: alternativa en la educación”, *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana*, vol. 26, núm. 2, disponible en: <http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol26num2/articulos/laboratorios.html> (consultado: 9 de diciembre de 2013).
- Wood, R. (2009). “Simulations, learning and real world capabilities”, *Education and Training*, vol. 51, núms. 5-6, pp. 491-510.

Artículo recibido: 17 de enero de 2014

Dictaminado: 28 de febrero de 2014

Segunda versión: 24 de marzo de 2014

Aceptado: 26 de marzo de 2014