

# **LA EVOLUCIÓN DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES DURANTE UNA EXPERIENCIA DE SEIS AÑOS CON ESTUDIANTES A DISTANCIA**

JULIÁN MONGE-NÁJERA

MARTA RIVAS ROSSI

VÍCTOR HUGO MÉNDEZ-ESTRADA

Centro para el Mejoramiento de los Procesos Académicos (CEMPA), UNED. Apdo. 474-2050 San Pedro, M.O. San José, Costa Rica. Fax (506) 2249216, [jmonge@uned.ac.cr](mailto:jmonge@uned.ac.cr), [mrivas@uned.ac.cr](mailto:mrivas@uned.ac.cr), [vmendez@uned.ac.cr](mailto:vmendez@uned.ac.cr).

## **RESUMEN**

Los laboratorios virtuales son simulaciones digitales de prácticas manipulativas y giras de campo que pueden ser hechas por la/el estudiante lejos de la universidad y el docente. Aquí se analiza la historia y etapas de desarrollo de los laboratorios virtuales a nivel mundial considerando la materia (física, química y biología) y el nivel de complejidad. Para ello recurrimos al meta-análisis, entrevistas personales con estudiantes que han participado en el proyecto de laboratorios virtuales y encuestas hechas a los estudiantes luego de usados los laboratorios. Se propone una división de los laboratorios en ocho niveles, siendo el primero el que utiliza texto escrito e imágenes fijas con poca interactividad y el octavo aquel nivel en que se reproduce fisiológicamente experiencias mediante implantes eléctricos dentro del cuerpo. Se aclara que los laboratorios virtuales que nuestro equipo ha desarrollado en la UNED de Costa Rica solo llegan al cuarto nivel debido en buena parte a las limitaciones de equipo entre nuestro estudiantado.

## **INTRODUCCIÓN: ¿QUÉ SON LOS LABORATORIOS VIRTUALES?**

Una de las definiciones de “laboratorios virtuales” que se ha aplicado a la enseñanza a distancia es la de Monge-Nájera et al. (1999), que las definen como “simulaciones de prácticas manipulativas que pueden ser hechas por la/el estudiante lejos de la universidad y el docente”. Los laboratorios virtuales son imitaciones digitales de prácticas de laboratorio o de campo, reducidas a la pantalla de la

computadora (simulación bidimensional) o en sentido estricto, a una visión más realista con profundidad de campo y visión binocular, que requiere que la persona se coloque un casco de realidad virtual.

La palabra “virtual” ha sido sujeto de un uso mucho más amplio, y por ejemplo se rotula como “laboratorio virtual” una serie de textos y fotografías sobre Química Orgánica publicados por LIDM (1999).

## **HISTORIA DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES**

Estos laboratorios comenzaron a desarrollarse en 1997 en el Centro de Investigación Académica de la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica. Si se juzga con base en la información disponible en Internet, fueron de los primeros laboratorios virtuales para enseñanza a distancia a nivel mundial. Cuatro años después, había un proyecto comercial similar, el Virtual Frog Dissection Kit 1.0 (<http://www.cs.ubc.ca/nest/magic/projects/hands/home>, febrero 2000) y tres académicos: Diffusion Proceses Virtual Laboratory (Johns Hopkins University, <http://www.jhu.edu/~virtlab/virtlab.html>), The Virtual Microscope (University of Winnipeg, <http://www.uwinnipeg.ca/~simmons/index.htm>). Había también dos proyectos con nivel de realidad virtual, nivel que requiere cascos tipo VR, en Estados Unidos y Canadá (NASA Virtual reality Virtual Object Manipulation, [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov) y Virtual Hand Laboratory, University of British Columbia, <http://www.cs.ubc.ca/nest/magic/projects/hands/home>). No sabemos de proyectos similares en América Latina, fuera del de la UNED. En la UNED, el primer bloque se desarrolló durante tres años y correspondió al curso de biología. El objetivo básico no ha cambiado desde entonces: lograr un producto tan bueno como los de los países más avanzados en docencia electrónica, a un costo muy inferior al de ellos, que funcionara casi en cualquier computadora y que solo requiriera programas que son gratuitos en todo el mundo.

## **LOS LABORATORIOS VIRTUALES HOY**

Transcurridos seis años, ¿cuál es el estado de los laboratorios virtuales en el mundo? Una búsqueda en Internet (junio 2002) indicó que ha aumentado mucho el

número de proyectos semejantes y que la mayoría se refieren al área de la física, aunque también los hay de química y biología.

La mayoría de los laboratorios virtuales de física son pequeñas simulaciones escritas en JAVA, un lenguaje de programación interactivo para multimedia. Ejemplo de los tipos de microprácticas en física son los de la Universidad Nacional de Colombia (<http://www.unalmed.edu.co/~daristiz/LABFIS/Principal/Labfis.htm>), la Universidad de Oregón (<http://jersey.uoregon.edu/vlab/>) y un material privado brasileño llamado "Sala de Física" (<http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica3/laboratorio.htm>). También se ha desarrollado simulaciones mediante las cuales se modifica los datos en una tabla y se ve la modificación resultante en un esquema, en el Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa de Madrid (<http://enebro.pntic.mec.es/~fmag0006/Prism200.html>).

Un nivel algo más avanzado existe en dos laboratorios en los que se usa sonido e imágenes realistas, en lugar de esquemas: el sintetizador de sonido Tempes de la compañía Virtual Laboratories de Singapur (<http://www.vlabs-online.com/>) y el "Filtro de polarización" de la red Physicsweb (<http://physicsweb.org/vlab/>).

Los laboratorios virtuales de química parecen ser escasos. La Universidad de Oxford presenta, de manera gratuita vía Internet, laboratorios virtuales de experimentos químicos que usan animaciones, videos y moléculas que pueden hacerse girar en la pantalla, manipulables en tres dimensiones (<http://www.chem.ox.ac.uk/vrchemistry/>). La (o el) estudiante debe responder a una serie de preguntas, y si lo hace correctamente, tiene acceso a una fotografía de la mesa de trabajo de la cual puede seleccionar compuestos y experimentos para ver videos sobre su uso. En algunas escenas aparecen rótulos de apoyo que explican el procedimiento. Hay además un texto sobre química en formato HTML con problemas y cuestionario.

La disponibilidad de laboratorios virtuales de biología es intermedio entre los de física y química.

El nivel más sencillo es el que tiene básicamente un texto y dibujos sin movimiento. Ejemplos de este nivel son el Digital Frog de 1995 (<http://www.digitalfrog.com/products/frog.html>) y el Laboratorio Virtual de Nutrición de la UNED de 1997 (Monge-Nájera 1998). Digital Frog permite hacer una disección simulada de una rana, evitando los problemas éticos y psicológicos de hacerlo con un animal real. Nuestro laboratorio de nutrición permite "alimentar" una mascota digital o tamaguchi y ver los efectos de la dieta sobre su salud.

En un segundo nivel de complejidad, existen laboratorios que usan animaciones usando el formato GIF, compatible con Internet. Un ejemplo es el Laboratorio Virtual de Reproducción de la UNED de 1997 (Monge-Nájera 1998), en el cual se puede seleccionar organismos para ver una animación que muestra su secuencia reproductiva, incluyendo imágenes de microscopio electrónico. El Laboratorio Virtual de Depredadores y Presas (UNED 2002) permite variar la proporción de organismos en un ambiente y ver el efecto sobre la población.

El tercer nivel corresponde a los laboratorios que usan videos para mostrar prácticas verdaderas. Ejemplos de este nivel son el Laboratorio Virtual de Digestión desarrollado por la UNED en 1997 (Monge-Nájera 1998) y el Digital Frog 2, versión mejorada del ya mencionado, en que además de las imágenes fijas hay videos (<http://www.digitalfrog.com/products/frog.html>).

En el cuarto nivel de complejidad están aquellos laboratorios en los cuales se ven pantalla objetos o escenas que pueden ser manipulados por la (el) estudiante. La UNED desarrolló entre 1997 y el 2002 una serie de laboratorios virtuales de este nivel. En el Laboratorio Virtual de Tejidos Humanos, se separa capa de tejidos de un cuerpo humano y se les lleva a un microscopio para verlos ampliados. El Laboratorio Virtual de Ecología permite ubicar organismos en una pirámide ecológica y la computadora indica si se les ha ubicado correctamente. En el Laboratorio Virtual sobre Lepidópteros, se puede manipular un panorama que simula el efecto de girar la cabeza mientras se camina por un bosque. Incluso se puede buscar organismos ocultos en el bosque, solicitar ayuda a la computadora para encontrarlos y obtener información adicional sobre cada uno que se descubra. Laboratorios similares en su

nivel son el Virtual Drosophila Project japonés (Kioda y Kitano 1999) y Mouse genetics ([http://www.explorescience.com/activities/Activity\\_page.cfm?ActivityID=39](http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=39)).

## **PROBLEMA Y MÉTODO: RELACIÓN ENTRE EL AVANCE Y LAS VERDADERAS NECESIDADES**

Transcurridos seis años desde que iniciamos el proyecto en la UNED, es tiempo de ver cuanto hemos avanzado y de preguntarnos si existe relación entre los diversos niveles tecnológicos de los laboratorios y el aprendizaje de las y los estudiantes.

Para ello recurrimos al meta-análisis (comparación con lo publicado sobre otros laboratorios), las entrevistas con estudiantes que los han usado y encuestas hechas a los estudiantes luego de usados los laboratorios.

## **RESULTADO**

Hasta ahora se han producido dos grupos de laboratorios, un grupo que consta de cuatro laboratorios virtuales para el curso de Biología II, financiados por la UNED: Tejidos, Nutrición, Reproducción y Digestión y otro grupo que consta de cinco laboratorios virtuales producidos bajo el auspicio de CAERENAD con diversos temas como: Historia Natural de Lepidópteros, Orquídeas, Ecología: la trama de la vida, Depredador-presa y Evolución.

Actualmente se están evaluando el de Historia Natural de Lepidópteros el cual les presentamos a continuación y el conjunto de laboratorios para Biología II. En el próximo semestre se evaluarán los restantes.

El laboratorio virtual "Historia Natural de Lepidópteros" se probó con dos grupos de estudiantes: un primer grupo durante el tercer cuatrimestre del 2001 en donde se aplicó en forma voluntaria a los estudiantes del curso de Biología III, de la carrera de Profesorado y Bachillerato en la Enseñanza de las Ciencias de la UNED. Para estimular el uso de esta herramienta, se les ofreció a todos aquellos estudiantes un 10 % extra de la nota final del curso a condición de que cumplieran con los requisitos

propuestos: contestar el pretes, postes (Anexo 1), un cuestionario de evaluación del laboratorio y redactar el informe final de todas las actividades y preguntas del laboratorio.

En una segunda oportunidad, se volvió a probar en el primer cuatrimestre del 2002 con estudiantes matriculados en el curso de Historia Natural de Costa Rica de la carrera de Manejo de Recursos Naturales. En este grupo su realización fue obligatoria ya que formó parte de la evaluación del curso, en el cual se incluye un proyecto de investigación (en este caso el laboratorio virtual) con un valor de un 20% de la nota final del curso, en este caso no se les entregó pretes ni postes.

En el primer grupo, se entregaron 72 discos compactos más el material indicado, y aunque se procesó únicamente la información de 43 estudiantes, quienes cumplieron con todos los requisitos, 65 estudiantes del curso realizaron el laboratorio virtual.

En el segundo grupo, participaron 110 estudiantes de los cuales se recibió respuesta completa de 64.

Se probó el laboratorio virtual de orquídeas con los estudiantes de Botánica en el segundo cuatrimestre del 2002, Actualmente se esta procesando la información.

El laboratorio de Ecología y evolución y depredador presa se probaran en el 3er cuatrimestre del 2002 en el curso de Biología III y el de depredador presa en Zoología General.

Los laboratorios de Nutrición, Digestión, Tejidos y Reproducción se están probando con estudiantes de Biología II, quienes han manifestado su aprobación a los laboratorios virtuales y el deseo de que todos los cursos de ciencias cuenten con ellos.

Se encontró una significativa mejora en la evaluación (40%) y la utilización de este método en 14 lugares diferentes del territorio nacional y con estudiantes sin experiencia en el uso y manejo de computadoras, ello demuestra que los

laboratorios virtuales son una herramienta idónea en la educación a distancia. Además, se presentaron pocos problemas técnicos

## **EL FUTURO DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES**

Las versiones iniciales de los laboratorios de la UNED se han presentado al público de manera gratuita con fines experimentales ([www.uned.ac.cr](http://www.uned.ac.cr)) y lo mismo puede decirse de casi todos los mencionados hasta aquí. Incluso el físico taiwanés Fu-Kwun Hwang publicó gratuitamente medio centenar de minilaboratorios virtuales en chino, inglés y español (<http://www.edu.aytolacoruna.es/aula/fisica/applets/Hwang/ntnujava/indexH.html>) y ofrece elaborar gratuitamente más laboratorios si se le solicitan. Sin embargo, como los laboratorios virtuales han demostrado su eficacia, es probable que en el futuro se vuelva común su venta mediante versiones protegidas contra copiado. El Digital Frog, que se vende por miles a escuelas secundarias en los Estados Unidos, tiene un precio de \$170 la copia, aunque el disco compacto tiene únicamente ese laboratorio (<http://www.digitalfrog.com/products/frog.html>, julio 2002). En la UNED se ha considerado la posibilidad de vender cada disco compacto en \$15-20 por tratarse de una institución sin fines de lucro que opera en un país pequeño.

Fuera del aspecto comercial, se prevé aumentos en la velocidad de procesamiento de la información digital, como BioOpera, el sistema operativo para bloque de computadoras que duplica la potencia y reduce costos al 30 % (Alonso, G. 2002. BioOpera: Grid Computing in Virtual Laboratories [http://www.ercim.org/publication/Ercim\\_News/enw45/alonso.html](http://www.ercim.org/publication/Ercim_News/enw45/alonso.html)). También se espera que la red Internet 2 permita a varios investigadores ubicados en países diferentes realizar pruebas con objetos virtuales que pueden ser tan complejos como un motor de avión mediante una red de bases de datos de alta velocidad ([http://www.internet2.edu/html/virtual\\_laboratory.html](http://www.internet2.edu/html/virtual_laboratory.html)).

### **Desarrollo de punta**

Actualmente se está trabajando en niveles aún más cercanos a la realidad virtual, que serán aplicables a los laboratorios virtuales cuando estén disponibles los equipos necesarios para los estudiantes.

Continuando con la secuencia de niveles descrita anteriormente, pero aclarando que acá se entra en tecnología que supera lo actualmente disponible en la UNED, se encuentran los siguientes nivel quinto a ocho.

En el quinto nivel se tienen laboratorios en que la falta de certeza en las mediciones y la variabilidad aleatoria de algunos parámetros limitan el control que tiene el usuario. Para explicar esto se puede usar un símil: en las simulaciones actuales, se puede lanzar una canica digital a un frasco y si se apunta en la dirección correcta, cae dentro. En las futuras, factores como el viento y la oscuridad en la habitación digital afectarán la trayectoria: será más difícil acertar. Estos laboratorios que imitan, por ejemplo, la falibilidad de la puntería humana, están siendo desarrollados en Québec por Marc Couture y Alexandre Francis (VPLab, [http://www.liceftel.uqubec.ca/gmec/lvphysique/LVP\\_EDMEDIA.htm](http://www.liceftel.uqubec.ca/gmec/lvphysique/LVP_EDMEDIA.htm)).

Algunos de los desarrollos más importantes se han dado en el área de los entretenimientos para adultos, tal vez por su gran potencial comercial, y ha seguido etapas de creciente complejidad:

Aunque todavía se vende una simulación básica de imagen y sonido con poca interactividad similar al nivel tercero o cuarto de los laboratorios ya descritos (e.g. <http://www.virtualexgames.com/>), se ha alcanzado ya el sexto nivel, con máquinas que permiten al usuario mirar una imagen y percibir en su piel las sensaciones correspondientes (<http://www.vrinnovations.com/>), aunque tiene muy poco control sobre la secuencia de eventos.

El séptimo nivel corresponde a la nueva tecnología que permite una interacción con otra persona conectada a la red Internet, usando casco y traje (<http://www.cnn.com/2001/TECH/computing/01/19/virtual.sex.idg/>).

El octavo nivel, que una vez desarrollado podría permitir una buena relación costo / beneficio en los laboratorios virtuales, se relacionaría con reproducir experiencias mediante implantes eléctricos dentro del cuerpo humano (Jaccoma, R. 2002

Virtual sex is coming. The bad news is it's being developed by the English. <http://www.seattleweekly.com/features/0103/tech-jaccoma.shtml>). A pesar del enorme potencial de esta tecnología para el campo educativo, su desarrollo es



todavía tan preliminar que es difícil juzgar si tendrá uso práctico en este y otros campos.

### **¿CUANDO SE DEBE USAR LABORATORIOS VIRTUALES?**

Si se parte de un prejuicio negativo contra los laboratorios virtuales, puede decirse que las simulaciones o "laboratorios virtuales" son incapaces de reemplazar a la vida real. Obviamente ello es cierto, al menos con los niveles 1º a 7º, pero si el laboratorio real no es posible o conveniente, el laboratorio virtual es bueno como sustituto o al menos para entrenamiento antes de realizar prácticas peligrosas, especialmente si se cuenta con simuladores mecánicos o realidad virtual en lugar de una simple pantalla ([http://csd.newcastle.edu.au/control/virtual\\_labs.html](http://csd.newcastle.edu.au/control/virtual_labs.html)). Como hacen automáticamente algunos cálculos rutinarios liberan tiempo para comprender y como presentan los cambios de manera gráfica facilitan el aprendizaje (<http://www.qrg.ils.nwu.edu/ideas/avlidea.htm>).

En la UNED los laboratorios virtuales son opcionales en algunos cursos, y tanto la versión virtual como la tradicional con laboratorios reales tienen suficiente matrícula.

### **REQUISITOS DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES**

Kappelman (2002) presenta los requisitos de un buen laboratorio virtual:

- 1-Ser autocontenido
- 2-Ser interactivo
- 3-Combinar imágenes bidimensionales y tridimensionales
- 4-Tener animación tridimensional, video y sonido
- 5-Incluir ejercicios (cuya calificación puede ser enviada automáticamente al docente)
- 6-Instalación automática
- 7-Que la navegación no sea necesariamente lineal
- 8-Posibilidad de guardar notas sin necesidad de procesador de textos externo.
- 9-Un buscador.

Analizando los laboratorios de la UNED, se nota que los más antiguos cumplían solo los requisitos 1, 2, 3, 5 y 7. Los más recientes tienen casi todas, faltando únicamente los puntos 8 y 9. Para el caso de la UNED, ninguno de ellos parece necesario, pues ningún estudiante ha indicado la necesidad de hacer notas en el laboratorio mismo, y un buscador es poco útil debido a que cada laboratorio es pequeño.

## CONCLUSIÓN

En síntesis la experiencia acumulada con el uso de los laboratorios virtuales permite afirmar que esta es una técnica bastante útil en los procesos de enseñanza en la educación a distancia, ya que facilita el aprendizaje de los contenidos de las materias al permitirle a los estudiantes estudiar en el momento y lugar que crean conveniente, es decir, sin estar obligados a trasladarse a un centro de estudios.

---

## BIBLIOGRAFÍA

KYODA, K. y H. Kitano, "A Model of Axis Determination for the Drosophila Wing Disc", European Conference on Artificial Life (ECAL99), Lausanne, 1999.<http://www.symbio.jst.go.jp/~kyoda/research/vdp/vdp.html>)

*LIDM (Laboratorios de Imagen Digital Mohre). 1999. Virtual laboratory Química Orgánica; <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Launchpad/6318/>*

MONGE-Nájera, J. La estrategia CIAC 2000. UNED, San José, Costa Rica. 1998

Monge-Nájera, Julián, Marta Rivas Rossi, Víctor Hugo Méndez-Estrada. **1999**. Internet, multimedia and virtual laboratories in a "Third World" environment: how we solved the 21 basic problems in the Costa Rican Distance Education University. X Congreso Internacional sobre Tecnología Y Educación A Distancia, San José, Costa Rica.