

PERTINENCIA Y UTILIDAD DE LABORATORIO VIRTUAL COMO RECURSO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

APPROPRIATENESS AND USEFULNESS OF A VIRTUAL LAB AS AN EDUCATIONAL RESOURCE IN TEACHING SCIENCES

A. C. Gámez Meza¹
B. Hernández Fimbres²
G. Ochoa Salcido³
J. H. Denney Noris⁴

RESUMEN

Ante el inicio de la contingencia sanitaria en marzo de 2020, debido a COVID-19, las instituciones educativas de todos los niveles requirieron suspender actividades, incluyendo el programa presencial de prácticas de laboratorio, sin embargo, atendiendo a la necesidad de crear recursos virtuales de aprendizaje a distancia que complementaran el contenido de las asignaturas, el Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Hermosillo (TecNM/ITH) implementó el proyecto de laboratorio virtual para todas sus carreras. El objetivo de esta investigación con enfoque cuantitativo es evaluar la pertinencia y utilidad del laboratorio virtual de ciencias básicas, específicamente de las asignaturas relacionadas con la Química, desde el punto de vista del alumnado de primer semestre de diferentes ingenierías, así mismo, obtener información sobre el mejoramiento de su comprensión del contenido temático con la implementación de este recurso. El resultado de la investigación indica que la mayoría de los alumnos encuestados están de acuerdo con que el laboratorio virtual es un medio pertinente y útil para complementar el aprendizaje de las asignaturas, así como, para incrementar el conocimiento, comprensión, desarrollo profesional, laboral y competencias. El laboratorio virtual es un recurso didáctico de gran valor para el aprendizaje de la ciencias y desarrollo de competencias de los futuros ingenieros ya que fortalece de manera efectiva la parte práctica de su formación académica.

ABSTRACT

Due to health emergency measures taken to halt the spread of COVID-19 starting March of 2020, academic institutions of all educational levels across the country were forced to cease face-to-face activities, including laboratory practices. Despite this and given the new need to come up with virtual resources for online learning to complement the content of classes, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo (TecNM/ITH for its acronym in Spanish) implemented the use of a virtual laboratory for all its majors. The purpose of this research with a quantitative approach is to evaluate the appropriateness and usefulness of a virtual laboratory of Basic Sciences, specifically to those subjects related to Chemistry, from the standpoint of freshmen students of all engineering majors, as well as to collect information related to improvement in their understanding of subject contents as a result of this practice. The outcome of this investigation indicates that the majority of surveyed students agree with the idea that a virtual laboratory is both pertinent and helpful for their learning process as well as for comprehension, professional development, hands-on training, and the development of their skills. The virtual lab, then, is an invaluable educational resource in the learning of sciences and development of competences of future engineers, as it effectively reinforces the practical part of their academic formation.

¹ Jefa de Laboratorio de Química. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo. alma.gamezm@hermosillo.tecnm.mx

² Profesor de Carrera. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo. benjamin.hernandezf@hermosillo.tecnm.mx

³ Profesor de Carrera. Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Hermosillo. gerardo.ochoas@hermosillo.tecnm.mx

⁴ Jefe de Departamento de Ciencias Económico-Administrativas. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo. jorge.denneyn@hermosillo.tecnm.mx

ANTECEDENTES

La educación a distancia surge de la necesidad de hacer llegar el conocimiento a personas que se encuentren en lugares remotos o no puedan acceder físicamente a una institución educativa. Los medios más actuales para hacer llegar el conocimiento contemplan el uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC) como internet y plataformas interactivas. La educación a distancia reduce, con eficacia, los obstáculos que representan el tiempo y el espacio. Es una modalidad educativa que recurre a métodos, técnicas y recursos que elevan la productividad y la flexibilidad del proceso de enseñanza-aprendizaje (Alfonso, 2003).

En los tiempos actuales de emergencia sanitaria y pandemia debido a COVID-19, la modalidad educativa a distancia (en línea y virtual) se ha convertido en una herramienta valiosa para que los estudiantes continúen con su formación académica. La educación en línea es síncrona y los estudiantes están atendiendo la clase en tiempo real. La educación virtual es asíncrona y el profesor utiliza plataformas para depositar los materiales y recursos de apoyo para que el alumno acceda a éstos en cualquier tiempo (Ibáñez, 2020).

Desde el inicio de la pandemia el uso de las nuevas tecnologías ha representado un reto para estudiantes y maestros quienes en pocos días o semanas transitaron de la educación presencial tradicional a un proceso enseñanza-aprendizaje a distancia. En el ITH se consideró la creación de recursos virtuales para complementar el contenido de las asignaturas de las diversas carreras de ingeniería. En el caso de laboratorio de Química del departamento de ciencias básicas se propuso implementar el proyecto de laboratorio virtual para que los estudiantes contaran con herramientas para reforzar la parte práctica de las diferentes asignaturas relacionadas con Química y a la vez que contribuyeran con el logro de las competencias genéricas y profesionales adaptadas a los nuevos entornos de aprendizaje.

El objetivo de la presente investigación es evaluar la pertinencia y utilidad de laboratorio virtual como recurso didáctico en la enseñanza de las ciencias, específicamente de la asignatura de Química.

Gámez, *et al.* (2021) señalan la importancia de adaptarnos a las nuevas formas de enseñanza-aprendizaje y buscar alternativas para hacer frente a la nueva normalidad que conllevará la creación y uso de recursos digitales innovadores que generen conocimientos desde la virtualidad.

METODOLOGÍA

Una plataforma de enseñanza virtual es una aplicación informática a la que se accede a través de internet. Permite a los docentes elaborar todo tipo de materiales como exámenes, prácticas de laboratorio, videos tutoriales y cursos completos para ponerlos a disposición de los estudiantes. Las plataformas virtuales representan herramientas que complementan la enseñanza presencial y posibilitan la educación a distancia. Organista y Backhoff (2002) señalan que, el uso de ambientes virtuales, como complemento a la enseñanza presencial, es un excelente método instruccional para mejorar el desempeño escolar.

Lorandi, *et al.* (2011) mencionan que, el uso de una plataforma virtual para la enseñanza ofrece múltiples ventajas y algunas desventajas. Entre las ventajas destacan que generan

ambientes de trabajo atractivos, no se requiere la presencia del profesor, no hay limitante de espacio o tiempos fijos, se desarrollan habilidades técnicas y cognitivas diferentes. Algunas desventajas del uso de plataformas virtuales son que requieren de mayor responsabilidad, organización y disposición de parte de las personas involucradas.

En el proyecto de laboratorio virtual participaron docentes del departamento de ciencias básicas y estudiantes prestadores de servicio social de la institución. Se elaboraron guías y manuales de prácticas apoyados con el uso de simuladores de licencia libre como Physics Education Technology (PhET) de la Universidad de Colorado (PhET, 2022) y Online Labs (OLabs) for school experiments (Nedungadi, 2011). También se realizaron videos con prácticas demostrativas, mismas que fueron grabadas por los docentes en el laboratorio de Química de la institución para después colocarlos en la plataforma YouTube. Cabe mencionar que, también se desarrollaron recursos virtuales para otras asignaturas en otros departamentos de la institución, sin embargo, el alcance de esta investigación es con respecto al laboratorio de Química.

La preparación de las guías de prácticas y manuales virtuales se llevó a cabo en los meses de mayo a julio del 2020 para iniciar el proyecto con los estudiantes de nuevo ingreso de los semestres 2020-2 y 2021-2. Se consideraron las nueve carreras de ingeniería que cursan asignaturas relacionadas con Química en el primer semestre a excepción de la asignatura Bioquímica de la carrera de Ingeniería Biomédica que se cursa en tercer semestre. Un total de 2169 estudiantes utilizaron el laboratorio virtual en los semestres 2020-2 y 2021-2. Las carreras y las diferentes asignaturas con clave se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Carreras y clave de asignaturas

Carrera	Clave de Asignatura
Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería Aeronáutica	Química AEC-1058
Ingeniería en Gestión Empresarial	Fundamentos de Química GEF-0910
Ingeniería Mecánica	Química MEC-1026
Ingeniería Biomédica	Química inorgánica AEF -1060 Bioquímica IBJ-1005
Ingeniería Industrial	Química INC-1025

Bárcenas (2009) refiere la pertinencia como un atributo de la calidad de la enseñanza, así como la eficacia o utilidad, es decir, se investigará que tan adecuado y útil es el recurso didáctico de laboratorio virtual de Química para lograr un aprendizaje significativo y de calidad.

La investigación se llevó a cabo mediante el enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, transversal y de alcance descriptivo instrumental (Ato, *et al.*, 2013). El instrumento utilizado para la recolección de los datos fue el cuestionario, elaborado en formularios de Google y enviado por correo electrónico a los estudiantes. Se realizó un muestreo por cuotas con 140 alumnos, 52 % hombres y 48 % mujeres, que utilizaron el laboratorio virtual de Química en los semestres 2020-2 y 2021-2. Con la base de datos elaborada y usando el paquete estadístico IBM SPSS versión 25 se realizó un estudio de

validez de constructo por medio de análisis factorial exploratorio resultando un valor en la prueba Kaiser-Meyer-Olkin $KMO = 0.954$ y 67.69 % de varianza (IBM, 2021). La fiabilidad se analizó por medio de los índices de consistencia interna: coeficiente Alfa de Cronbach (Alfa = 0.973) y Omega de McDonald (Omega = 0.974). Los valores antes señalados indican que el instrumento es válido y tiene una adecuada fiabilidad (Katz, 2006).

A continuación, se muestran los puntos que se desarrollaron en el proyecto:

- Creación de un espacio para laboratorios ITH dentro de la plataforma de la institución Portal Académico 2 (2022) en el que se subió todo el material de prácticas.
- Grabación de prácticas demostrativas y videos tutoriales en el laboratorio de Química, para posteriormente subir los recursos digitales a la plataforma YouTube y al portal académico para que los alumnos accedieran a las mismas, previa explicación de los maestros.
- Diseño y elaboración de guías de prácticas virtuales con simulador para cada clave de asignatura de Química por carrera (al menos ocho prácticas por asignatura). Cada guía de práctica se realizó con base en el formato diseñado y estandarizado que incluye encabezado con los datos de identificación, título de la práctica o simulación, objetivos, enlace, recursos de apoyo, indicaciones, marco teórico, materiales, observaciones, conclusiones, preguntas de investigación y referencias web. En la Figura 1 se muestra un fragmento del formato de la guía de práctica virtual.



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO / INSTITUTO
TECNOLÓGICO DE HERMOSILLO**

LABORATORIO DE QUÍMICA



NOMBRE DEL ALUMNO:			
GRUPO:		FECHA:	NO. PRÁCTICA:
MAESTRO(A):			
SIMULACIÓN	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	ENLACE	RECURSOS DE APOYO
Escribir el nombre de la simulación o práctica virtual.	Enunciar los objetivos de aprendizaje.	Escribir el enlace web del simulador o enlace a la práctica demostrativa. Incluir imagen del simulador.	Incluir referencias web de apoyo como videos tutoriales. Rúbrica para reporte de práctica virtual (hipervínculo).
DESARROLLO DE LA PRÁCTICA			
Enunciar paso a paso el desarrollo de la práctica.			

Figura 1. *Formato de guía de práctica virtual*

- Elaboración de los manuales de prácticas virtuales correspondientes a cada asignatura.
- Diseño y elaboración de rúbrica de evaluación de reporte de práctica virtual con diez criterios de evaluación: fecha de envío, portada, presentación, objetivo, introducción, marco teórico, materiales y software, contenido, conclusiones y referencias web. En la Figura 2 se muestran los primeros dos criterios de evaluación, así como los niveles de desempeño de competencia a alcanzar. La rúbrica se coloca como hipervínculo en las guías de práctica.



RUBRICA PARA REPORTE DE PRACTICA DE LABORATORIO VIRTUAL						
NOMBRE DEL CURSO:				CLAVE:		
CARRERA:				GRUPO:		
NOMBRE DE LA PRACTICA:				No. DE PRACTICA:		
NOMBRE DEL FACILITADOR:						
NOMBRE DEL ALUMNO:						
FECHA LIMITE DE ENVIO:				FECHA REAL DE ENVIO:		
NIVEL DE DESEMPEÑO						
COMPETENCIA ALCANZADA (CA)				COMPETENCIA NO ALCANZADA (NA)		
CRITERIOS DE EVALUACION	EXCELENTE (4)	NOTABLE (3)	BUENO (2)	SUFICIENTE (1)	INSUFICIENTE (0)	PUNTOS
1.FECHA DE ENVIO	Envía el reporte en la fecha límite señalada	Envía un día después de la fecha límite	No aplica	No aplica	No envía el reporte	
2.PORTADA	Incluye a) Logos institucionales TecNM/ITH b) Nombre de la institución c) Carrera d) Nombre del curso e) Nombre y número de práctica.	Incluye portada, pero omite dos elementos de la portada.	Incluye portada, pero omite tres elementos de la portada.	Incluye portada, pero omite cuatro elementos de la portada	Omite cinco o más elementos de la portada o no presenta portada.	

Figura 2. Rúbrica de evaluación para reporte de práctica de laboratorio virtual

El diseño del cuestionario se conformó con 18 ítems, divididos en cuatro dimensiones mostradas en la Tabla 2, que los alumnos contestaron con base a una escala de Likert de cinco puntos: 1. Totalmente en desacuerdo, 2. En desacuerdo, 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4. De acuerdo 5. Totalmente de acuerdo.

Tabla 2. Dimensiones del cuestionario

DIMENSIÓN	ITEM
PRESENTACIÓN	1. El acceso al portal de prácticas virtuales es sencillo y fácil de usar.
	2. El formato de las prácticas virtuales es adecuado para su comprensión y realización.
	3. Las prácticas virtuales incluyen una secuencia detallada de los pasos a desarrollar.
	4. Se anexa enlaces web de referencia y apoyo para la realización de la práctica virtual.
	5. Se cuenta con un número de prácticas suficientes en el portal de laboratorio virtual.
	6. Se utilizan diferentes simuladores para el desarrollo de las prácticas virtuales.
	7. Se incluyen prácticas demostrativas en video para el desarrollo de la práctica virtual.
CONTENIDO	8. Las prácticas virtuales son acordes al contenido del temario de la asignatura.
	9. El nivel de dificultad de las prácticas virtuales es adecuado para el aprendizaje.
	10. Se incluye explicación adecuada y suficiente sobre la teoría del tema de experimentación.
	11. Se incluye material de investigación (cuestionarios) como parte del desarrollo de la práctica.
EVALUACIÓN	12. La rúbrica de evaluación es clara con respecto a los criterios de evaluación.
	13. Los criterios para evaluar en la rúbrica son suficientes para una evaluación objetiva de la práctica.
	14. La rúbrica de evaluación es útil como guía para el reporte de práctica.
PERTINENCIA Y UTILIDAD	15. El uso de prácticas virtuales es un medio adecuado(pertinente) para complementar el aprendizaje de la asignatura.
	16. El desarrollo de la práctica virtual incrementó mi conocimiento y comprensión de la asignatura.
	17. El uso de simuladores y prácticas virtuales aportan a mi desarrollo profesional y laboral.
	18. El contenido de las prácticas virtuales es preciso y útil para el desarrollo de competencias.

En el cuestionario también se incluyó una pregunta abierta para que los estudiantes expresaran sugerencias de mejora para el laboratorio virtual de Química.

RESULTADOS

Se obtuvieron estadísticos descriptivos para las dimensiones de presentación, contenido, evaluación, así como, pertinencia y utilidad de laboratorio virtual de Química. En la Tabla 3 se presentan los resultados considerando la media (M) y desviación estándar (DE) de cada uno de los ítems, así como valores mínimos (Mín.) y máximo (Máx.).

Tabla 3. *Análisis descriptivo de las dimensiones para laboratorio virtual de Química*

DIMENSIÓN	M	DE	Mín.	Máx.
PRESENTACIÓN				
1. El acceso al portal de prácticas virtuales es sencillo y fácil de usar.	3.96	.995	1	5
2. El formato de las prácticas virtuales es adecuado para su comprensión y realización.	3.99	1.014	1	5
3. Las prácticas virtuales incluyen una secuencia detallada de los pasos a desarrollar.	4.19	.951	1	5
4. Se anexa enlaces web de referencia y apoyo para la realización de la práctica virtual.	4.29	.931	1	5
5. Se cuenta con un número de prácticas suficientes en el portal de laboratorio virtual.	4.08	.906	1	5
6. Se utilizan diferentes simuladores para el desarrollo de las prácticas virtuales.	4.19	.974	1	5
7. Se incluyen prácticas demostrativas en video para el desarrollo de la práctica virtual.	4.30	.879	1	5
CONTENIDO				
8. Las prácticas virtuales son acordes al contenido del temario de la asignatura.	4.27	.936	1	5
9. El nivel de dificultad de las prácticas virtuales es adecuado para el aprendizaje.	4.14	.931	1	5
10. Se incluye explicación adecuada y suficiente sobre la teoría del tema de experimentación.	4.19	.941	1	5
11. Se incluye material de investigación (cuestionarios) como parte del desarrollo de la práctica.	4.29	.916	1	5
EVALUACIÓN				
12. La rúbrica de evaluación es clara con respecto a los criterios de evaluación.	4.27	.995	1	5
13. Los criterios para evaluar en la rúbrica son suficientes para una evaluación objetiva de la práctica.	4.25	.938	1	5
14. La rúbrica de evaluación es útil como guía para el reporte de práctica.	4.29	.971	1	5
PERTINENCIA Y UTILIDAD				
15. El uso de prácticas virtuales es un medio adecuado (pertinente) para complementar el aprendizaje de la asignatura.	3.97	1.193	1	5
16. El desarrollo de la práctica virtual incrementó mi conocimiento y comprensión de la asignatura.	3.96	1.082	1	5
17. El uso de simuladores y prácticas virtuales incrementan mi desarrollo profesional y laboral.	3.98	1.147	1	5
18. El contenido de las prácticas virtuales es preciso y útil para el desarrollo de competencias profesionales.	3.97	1.175	1	5

Se puede interpretar que la mayoría de los alumnos consideran estar de acuerdo con la presentación, contenido, evaluación, así como pertinencia y utilidad de laboratorio virtual de Química ya que la media de las respuestas sobrepasa los 3.96 puntos de la escala. Los valores mínimos y máximos son los establecidos que van de 1 a 5 recorriendo todo el espectro de respuesta de cinco puntos. La dimensión con el puntaje más bajo es pertinencia y utilidad por lo que se realizó un análisis más detallado con porcentajes de respuesta para las preguntas 15 a 18, mostrados en la Figura 3.

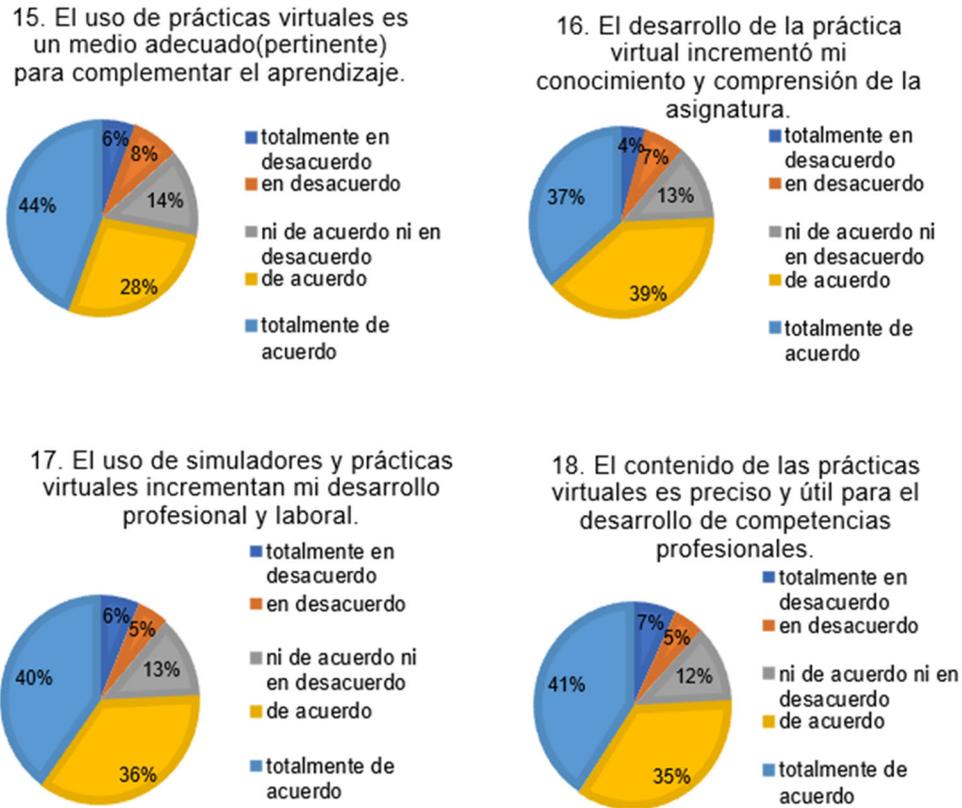


Figura 3. Porcentajes de respuesta para dimensión pertinencia y utilidad

Con respecto a la dimensión pertinencia y utilidad el 44 % de los alumnos considera estar totalmente de acuerdo con que el uso de prácticas virtuales es un medio pertinente para complementar el aprendizaje de las asignaturas (pregunta 15), así como, el 39 % de acuerdo en que el desarrollo de las prácticas virtuales incrementa el conocimiento y comprensión de las asignaturas (pregunta 16). Con respecto al uso de simuladores y prácticas para incrementar el desarrollo profesional y laboral el 40 % de los estudiantes está completamente de acuerdo (pregunta 17) y el 41 % está completamente de acuerdo en que el laboratorio virtual es preciso y útil para el desarrollo de competencias profesionales (pregunta 18).

En el cuestionario también se incluyó una pregunta abierta para que los alumnos expresaran sugerencias de mejora para el laboratorio virtual. Algunas sugerencias fueron con respecto a que se considere mayor diversidad en los simuladores, que se incluyan simulaciones elaboradas por el departamento de ciencias básicas de la institución, así como explicaciones más detalladas por parte de los profesores mediante videos tutoriales dentro de las guías de prácticas virtuales.

CONCLUSIONES

El laboratorio virtual es una excelente herramienta didáctica para la formación integral de los futuros ingenieros que no sustituye al laboratorio presencial, sino que es un complemento de gran valor por su funcionalidad con diversidad de temas y actividades para reforzar la parte

práctica de las asignaturas y los contenidos académicos en entornos innovadores de aprendizaje.

El uso de simuladores y prácticas demostrativas en el proyecto de laboratorio virtual de Química es un recurso educativo pertinente y eficaz para que los estudiantes y docentes complementen el proceso enseñanza-aprendizaje de manera significativa. En la presente investigación los estudiantes expresaron estar de acuerdo o completamente de acuerdo con la utilización de este medio para mejorar el conocimiento y comprensión de las asignaturas, así como, para desarrollar competencias genéricas y profesionales que fortalezcan el perfil de egreso del ingeniero.

El uso de laboratorio virtual no está limitado al período de emergencia sanitaria, ya que, se puede generalizar y estandarizar creando un acervo valioso como parte de la planeación del curso cuando se regrese completamente a clases presenciales, lo anterior con base en las múltiples ventajas que ofrece esta herramienta como son la interacción con el fenómeno a estudiar sin limitante de tiempo y recursos materiales, así como, presentar un espacio seguro para realizar prácticas que pudieran resultar riesgosas para los estudiantes cuando se realizan de manera presencial.

Las instituciones educativas de todos los niveles y especialmente instituciones de nivel superior deben asumir el reto de adaptarse a las nuevas tecnologías y seguir investigando para crear recursos didácticos digitales innovadores y adecuados para lograr formar personas competentes y con habilidades que contribuyan a su desempeño profesional como ingenieros.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso, I. (2003). La educación a distancia. *Revista ACIMED, volumen 11(1)*, pp. 3-4. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352003000100002&lng=es&tlng=es
- Ato, M., López, J. y Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en Psicología. *Revista Anales de psicología, volumen 29(3)*, pp. 1038-1059. <https://revistas.um.es/analesps/article/view/analesps.29.3.178511>
- Bárceñas, R. (2009). Pertinencia: una dimensión de la calidad de la enseñanza. Valor intrínseco en las relaciones encaminadas al consenso de las normas y los contenidos curriculares. *Revista Tiempo de Educar, volumen 10(20)*, pp. 349-378. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31112987004>
- Gámez, R., Salazar, E., Jurado, M., Franco, J. (2021). El uso de simuladores en laboratorios de docencia a través de ambientes virtuales. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, núm. 13. <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/727>
- Ibáñez, F. (2020). Educación en línea, Virtual, a Distancia y Remota de Emergencia, ¿cuáles son sus características y diferencias? *Observatorio de Innovación Educativa. Tecnológico de Monterrey*. <https://observatorio.tec.mx/edu-news/diferencias-educacion-online-virtual-a-distancia-remota>

- International Business Machines Corporation (2021). *IBM SPSS Statistics for Windows, version 25.0*. <https://www.ibm.com/>
- Katz, M. (2006). *Multivariable Analysis* (2nd. Ed.). Cambridge University Press
- 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, volumen 4* (1), pp. 24-30. https://www.researchgate.net/profile/alberto-lorandi-medina/publication/267302003_loslaboratoriosvirtuales1ylaboratoriosremotosenlaensenanza_delaingenieria
- Nedungadi, P. (2011). *Online Labs (OLabs) for School Lab Experiments-Interactive Simulations*. AMRITA Vishwa Vidyapeetham. <https://amrita.edu/project/online-labs/>
- Organista, J. y Backhoff, E. (2002). Opinión de estudiantes sobre el uso de apoyos didácticos en línea en un curso universitario. *Revista electrónica de investigación educativa, volumen 4*(1). <http://redie.uabc.mx/vol4no1/contenido-organista.html>
- PhET Interactive Simulations (2022). *Simulaciones interactivas de ciencias y matemáticas*. University of Colorado Boulder. <https://phet.colorado.edu/es/>
- Portal Académico 2 (2022). *Página de inicio - Portal Académico 2*. Instituto Tecnológico de Hermosillo. <http://portal2.ith.mx/>