

REFLEXIONES PEDAGÓGICAS UROSARIO

ISSN: 2500-5979 • ISSNNE 2500-6150
Diciembre de 2021, Bogotá



El uso de laboratorios virtuales en la Universidad del Rosario: una resignificación de su aporte en tiempos de COVID-19 a la enseñanza de las ciencias naturales

Para citar: Bonilla-León, C., Urrego, L. F., & Alcocer Tocora, M. (2021). El uso de laboratorios virtuales en la Universidad del Rosario: una resignificación de su aporte en tiempos de COVID-19 a la enseñanza de las ciencias naturales. *Reflexiones Pedagógicas*, 30. https://doi.org/10.12804/issne.2500-5979_10336.33146_ceap

CAROLINA BONILLA-LEÓN

Estudiante doctoral y asistente graduada de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad del Rosario.

Correo electrónico:
edna.bonilla@urosario.edu.co

LUISA FERNANDA URREGO

Profesora asistente de carrera de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad del Rosario.

Correo electrónico:
luisa.urrego@urosario.edu.co

MILENA ALCOCER TOCORA

Asesora de innovación pedagógica del Centro de Enseñanza, Aprendizaje y Trayectoria Profesional (CEAP), Universidad del Rosario.

Correo electrónico:
luisa.urrego@urosario.edu.co

TABLA DE CONTENIDO

Resumen

2

Introducción

2

Los laboratorios virtuales como estrategia pedagógica

3

Percepción de los docentes sobre el proceso de implementación de laboratorios virtuales

4

Herramientas más utilizadas

4

Experiencia general sobre el uso

4

Ventajas y desventajas

6

Recomendaciones y reflexiones finales para la implementación

8

Agradecimientos

9

Referencias

9

Resumen

En este documento se presenta una reflexión que surge de la implementación de los laboratorios virtuales en el marco de la COVID-19. Se analizaron las percepciones que tienen los docentes de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad del Rosario con respecto a la integración de estas herramientas en sus prácticas pedagógicas. Para identificarlas se realizaron encuestas y un grupo focal, los cuales permitieron reconocer, desde la experiencia de los docentes, ventajas, desventajas y posibilidades del uso de estos recursos a corto, mediano y largo plazo. Como resultado del análisis, el texto pone a disposición de los docentes una serie de recomendaciones para su implementación.

Aprender es algo tan común, una parte tan inescindible de nuestras vidas... Uno nunca sabe cuándo va a caer en las garras del aprendizaje.

David Perkins

Introducción

Las prácticas de laboratorio son experiencias fundamentales en la educación científica y la enseñanza de las ciencias naturales (biología, química, física, ecología), puesto que les permiten a los estudiantes desarrollar habilidades científicas en ambientes reales por medio de la experimentación y los prepara para las habilidades que demanda la comunidad científica (Lynch & Ghergulescu, 2017). Con los avances tecnológicos, los laboratorios virtuales (simulaciones por computador), combinados con videos, visualizaciones 3D, estrategias de gamificación, realidad virtual e incluso realidad aumentada, permiten que el estudiante interactúe con una interfaz digital con alta representación de la realidad (Lynch & Ghergulescu, 2017). Así, los laboratorios virtuales se definen como “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” (Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura, 2000, p. 3). Estos pueden

y se han usado como estrategia de enseñanza-aprendizaje y en diferentes contextos y áreas del conocimiento y se han convertido en una herramienta de uso masivo. Sin embargo, la reunión de expertos sobre laboratorios virtuales advierte que son diferentes a un laboratorio tradicional y, por tanto, “constituyen una posible extensión de los verdaderos laboratorios y abren nuevas perspectivas que no se podían explorar completamente, dentro de un verdadero laboratorio, a un costo asequible” (p. 4).

La pandemia por COVID-19 —que forzó a las universidades a funcionar de forma virtual— ha impulsado a los gestores educativos y a los docentes a buscar alternativas que se adapten a las condiciones existentes para la enseñanza-aprendizaje, a fin de garantizar que los estudiantes sigan recibiendo una educación de calidad. En ese sentido, los laboratorios virtuales son una alternativa que ha tomado mayor fuerza y se ha venido utilizando en una mayor proporción para aquellos cursos que desarrollaban laboratorios tradicionales y donde no era una opción la educación a distancia. En el caso particular de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad del Rosario, varios docentes emprendieron el camino de implementar laboratorios virtuales en sus clases, y dados los buenos resultados, existe la motivación para que esta metodología se continúe usando, a pesar de que se dé el regreso a las aulas de forma presencial.

Como parte de la transformación pedagógica que está impulsando la Universidad del Rosario en respuesta a la pandemia por COVID-19 y enmarcada en la estrategia HyFlex,¹ este documento tiene por objetivos reflexionar sobre los laboratorios virtuales como estrategia pedagógica para la enseñanza de las ciencias naturales en la educación superior y evidenciar la percepción de los profesores de la Facultad de Ciencias Naturales de la universidad sobre el proceso de implementación que llevaron a cabo durante la pandemia.

1 HyFlex es una estrategia institucional hacia el aprendizaje híbrido y flexible. Articula las modalidades presencialidad y de acceso remoto para una misma asignatura.

Los laboratorios virtuales como estrategia pedagógica

La implementación de simulaciones por computador ha traído ventajas en el aula para la enseñanza de las biociencias que incluyen una mejor comprensión de conceptos, desarrollo de competencias científicas, solución de problemas, mayor motivación por el aprendizaje y confianza en el momento de hacer la transferencia a espacios reales (Bonde et al., 2014; Booth et al., 2008; Coleman & Smith, 2019; De Jong et al., 2013; Makransky et al., 2016; Zacharia et al., 2008). Sumado a lo anterior, las simulaciones promueven el aprendizaje autónomo y autorregulado, favorecen la interdisciplinariedad y facilitan el entendimiento de información compleja, porque se emplea información visual. De hecho, mediante las simulaciones es posible desarrollar diversas habilidades y competencias, como son el análisis de casos y pensamiento crítico, la toma de decisiones y la capacidad de generar, con base en el conocimiento adquirido, nuevos procesos de investigación, planteamientos de nuevos problemas y búsqueda de soluciones, sin importar el campo del saber en el cual se implementen (Infante Jiménez, 2014). Como otras ventajas se encuentran la disponibilidad en línea, la flexibilidad y el fácil acceso a las aplicaciones informáticas, la presentación atractiva de contenidos y la optimización de recursos y costos. Además, se ha demostrado que cuando en dichas simulaciones de laboratorio se incorporan herramientas de gamificación, como en el caso de Labster (<https://www.labster.com>), se incrementan los resultados de aprendizaje, al igual que la motivación (Bonde et al., 2014).

No obstante, la experiencia es muy diferente cuando la simulación se lleva a cabo en el marco de clases presenciales a cuando estas vienen a ejecutarse en clases remotas. El hecho de que los laboratorios virtuales incrementen la motivación en los estudiantes puede considerarse de gran importancia en estos momentos de pandemia, cuando sus clases no han sido 100 % prácticas y deben desarrollar laboratorios de forma remota. Como lo expresan Osorio et al. (2012), según la forma en que se incorpore la tecnología en el aula, puede ser un apoyo para la presencialidad o ser

“el vehículo para generar ambientes híbridos de aprendizaje” (p. 378).

Dentro de las preguntas que surgen al implementar laboratorios virtuales en el aula están: ¿qué aprendizajes se aproximan a la realidad? ¿Cuál puede ser un desempeño auténtico del estudiante al realizar la simulación? Además, en el momento de emplear tecnología en los ambientes de aprendizaje se deberían tener en cuenta tres aspectos: la pertinencia, la apropiación y la potencialidad (Osorio et al., 2012), con el propósito de que los docentes puedan responder a las preguntas de ¿existe la necesidad de incorporar la tecnología en el aula? ¿Se ajustan estas nuevas tendencias a la realidad de los docentes? ¿El proceso de aprender se está haciendo más significativo? Nosotras sugerimos mantener estas preguntas presentes cuando se incorporan simulaciones en las clases prácticas.

Adicionalmente, deben existir unas condiciones particulares (conocimientos, competencias digitales e infraestructura) para que los docentes cuenten con las habilidades para adaptar e implementar tecnologías en diferentes ámbitos y contextos de sus prácticas docentes (Engen, 2019). Se ha demostrado que el uso de ambientes virtuales en la enseñanza brinda notorias ventajas, siempre y cuando: se empleen para complementar la enseñanza tradicional más que como una alternativa, se entrene y capacite a los profesores para su uso, ofrezcan los recursos digitales oportunidades de extender los tiempos de práctica así como de realizar tutoriales, permitan que el estudiante asuma el control de su propio aprendizaje, se creen espacios de aprendizaje colaborativo (en especial trabajo en parejas) y se usen programas o aplicaciones que proporcionen retroalimentación adaptativa a los estudiantes (Hattie & Yates, 2014, pp. 198 y 199).

Según lo anterior, los laboratorios virtuales, como estrategia pedagógica, posibilitan un mayor entendimiento o mejor aprendizaje, puesto que adaptan un ambiente virtual a una representación muy acertada de la realidad, donde el estudiante puede observar con atención y describir lo que se observa, formular explicaciones e interpretaciones, evaluar evidencias, hacer conexiones, considerar diferentes puntos de vista, proponer conclusiones,

hacerse preguntas y responderlas, identificar patrones y hacer generalizaciones, formular planes e identificar supuestos y sesgos (Ritchhart et al., 2011). Así mismo, las simulaciones deben proporcionar experiencias significativas y llenas de sentido. El enfoque de Perkins (2010), de *aprendizaje pleno*, es muy revelador, ya que plantea la integración de los estudiantes en actividades presentes como paso a actividades más complejas que se desarrollarán en el futuro, a la vez que los motiva a emplear sus conocimientos y experiencias previas para lograr un aprendizaje más significativo y reflexivo.

Percepción de los docentes sobre el proceso de implementación de laboratorios virtuales

Con el propósito de identificar las percepciones sobre el uso de simuladores en la Facultad de Ciencias Naturales, se realizó una encuesta en línea (trece participantes) y un grupo focal (dos participantes entrevistados vía Zoom) para evidenciar el tipo de experiencia que tuvieron al implementar estas herramientas como parte de su práctica docente, cuyos aspectos analizados fueron: 1) experiencia general sobre el uso, 2) herramientas más utilizadas y 3) ventajas y desventajas. Con respecto a la encuesta, se emplearon respuestas control en las preguntas de selección múltiple para determinar que los encuestados estaban respondiendo el cuestionario de forma consciente y real. Para el análisis descriptivo de los datos no se tuvieron en cuenta las encuestas que no superaron dicho control de calidad (se descartaron cuatro cuestionarios). A continuación, se describen los resultados obtenidos en cada uno de los aspectos relacionados.

Herramientas más utilizadas

La herramienta más empleada por los docentes de la Facultad de Ciencias Naturales durante la pandemia fue Labster (la universidad adquirió la licencia de uso), que ofrece múltiples laboratorios virtuales sobre diferentes temáticas de las ciencias y los estudiantes pueden resolver casos reales. Estas simulaciones se usaron como un complemento de las clases teóricas, en las prácticas o como trabajo

complementario del estudiante, y ofrecen ventajas para la práctica docente, al proporcionar material teórico para consulta por parte del estudiante, brindar retroalimentación directa al estudiante y generar reportes para los profesores. Como limitaciones, los profesores hacen referencia a los altos requisitos de RAM y de velocidad de internet, lo que genera interferencias en las simulaciones o dificultades de acceso o visualización a algunos estudiantes. Una de las profesoras entrevistadas resalta: “una de las limitaciones que tiene Labster es que uno no puede obtener datos experimentales como sí se puede con otros tipos de simuladores...” (P1).

La tabla 1 resume los laboratorios virtuales empleados por los docentes de la facultad, los cuales contienen diversas simulaciones que pueden utilizarse en diferentes campos temáticos. Además, los docentes emplean simulaciones específicas para temas particulares. Algunos ejemplos son: Classical Genetics Simulator (<https://cgslab.com/>) para simulaciones de genética mendeliana; The Population Simulator, para simulaciones demográficas (https://www.ined.fr/en/everything_about_population/population-games/tomorrow-population/), y Virtual Urchin (<https://depts.washington.edu/vurchin/index.php?view=main>), sobre biología del desarrollo en erizo de mar. Como alternativa o complemento de los laboratorios virtuales, los profesores han empleado otros recursos disponibles en internet —videos, por ejemplo— o material interactivo, como juegos y otros tipos de actividades —por ejemplo, hhmi BioInteractive (<https://www.biointeractive.org/es>), NetLogo (<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/index.cgi>), para temas de biología, química, física, ciencias de la Tierra, matemáticas y ecología—. Adicionalmente, para microscopía e histología emplean Histology Guide (<https://histologyguide.com/>) y Anatomy A215 (<https://anat215.sitehost.iu.edu/virtualscope2/start.htm>).

Experiencia general sobre el uso

Al indagar sobre la opinión de los docentes frente al uso de laboratorios virtuales o simuladores en sus clases, encontramos que el 100 % piensa que son una herramienta de apoyo alternativa para la enseñanza y un 78 % considera que son un recurso

importante para mejorar la enseñanza. También, un 67 % cree que promueven el interés y la motivación de los estudiantes. Con respecto al aporte de estas

herramientas al trabajo colaborativo o en grupo, el 44 % piensa que facilita el desarrollo de este tipo de actividades (figura 1).

Tabla 1.

Herramientas empleadas por los profesores y los campos temáticos que abarcan cada una de ellas

Herramienta	Dirección web	Matemáticas	Física	Química	Biología	Biotecnología	Ingenierías	C.de la Tierra
Labster	www.labster.com		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Gizmos	www.explorelearning.com	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
VALUE virtual labs	vlab.amrita.edu		✓	✓	✓	✓	✓	
PhET	phet.colorado.edu/es	✓	✓	✓	✓			✓
The Olabs	www.olabs.edu.in	✓	✓	✓	✓			
Virtual Biology Lab	virtualbiologylab.org				✓			

Fuente: elaboración propia.

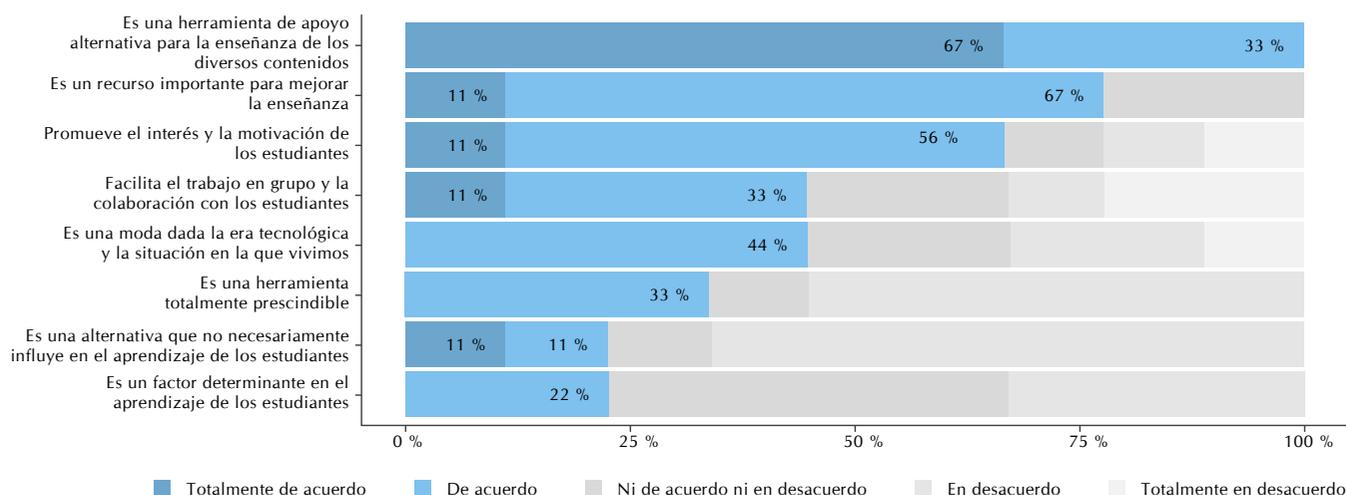


Figura 1. Percepciones de los profesores de la Facultad de Ciencias Naturales frente a la experiencia de uso de los laboratorios virtuales

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, los docentes mencionaron que aun cuando antes de la pandemia sabían de la existencia de los simuladores, no los habían usado como parte de sus prácticas pedagógicas. El cambio obligatorio a la modalidad en acceso remoto llevó a los profesores a ver los laboratorios virtuales desde otra perspectiva. Encontraron en estas herramientas un escenario importante para avanzar en sus cursos y cumplir de alguna manera con los resultados esperados de aprendizaje.

P1: “yo, la verdad, no había tenido la posibilidad de explorarlas hasta que se dieron estas condiciones... como de anomalía académica, aunque digamos

que ya había tenido con simulaciones de otro tipo, en realidad no las había contemplado dentro de mi desempeño docente”.

P2: “... antes de esto habíamos utilizado... Más bien parecían como animaciones... que eran sencillitas que son de la universidad y otras que habíamos utilizado de molecular para PCR pero no como tal para la clase”.

Dadas las circunstancias y la necesidad de estas herramientas, los profesores piensan que su uso se ha generalizado. En su mayoría, ellos consideran que ahora lo ven de otra manera, ya que desde la

práctica pudieron reconocer que los simuladores son un gran complemento para las clases teóricas y las prácticas presenciales. Se han convertido en una herramienta importante que puede influir de forma significativa y positiva en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Otra de las apreciaciones hechas por los profesores fue que durante la aplicación de estos recursos ellos requirieron ayudas adicionales, como talleres, guías de laboratorio o cuestionarios para complementar la actividad dentro del aula.

Por otro lado, al interrogarlos sobre los posibles temas en los cuales consideran que son útiles las simulaciones, aparece una lista extensa. Entre los temas mencionados se resaltan los siguientes: experimentos, todo lo que tenga que ver con escalas espaciotemporales diferentes a las de la percepción humana, cualquier tema que tenga protocolos que estén bien determinados y con pasos definidos y para dinámicas de sistemas biológicos y sociales.

P1: “Muchas veces para nosotros el tratar de plasmar un objetivo que se está trabajando en el laboratorio y aterrizarlo a una condición cotidiana muchas veces es difícil y Labster me ha permitido esto”.

Para la implementación de simuladores o laboratorios virtuales, los docentes, en primera instancia, debieron ajustar la guía de asignatura, instrumento fundamental para el diseño de los cursos. En este orden de ideas, tuvieron que revisar los resultados esperados, reasignar los tiempos y reestructurar las actividades establecidas. En la medida en que se fueron implementado, los docentes tomaron más conciencia de la importancia de dejar un espacio para la retroalimentación específica de este tipo de actividades.

En segunda instancia, tuvieron que superar diferentes dificultades técnicas asociadas directamente con la herramienta. Por ejemplo, en el caso de Labster, los docentes mencionaron que a pesar de que la herramienta es muy buena, es muy pesada y puede tener problemas de accesibilidad de acuerdo con la calidad de la conexión a la red y, al parecer, se presentan algunos problemas de configuración.

P2: “En el caso de Labster, esas situaciones técnicas que se presentaron de alguna manera fue[ron] una especie de barrera, pero en la mayoría de los casos los estudiantes pudieron realizar las simulaciones y el ejercicio que se esperaba”.

En general, la experiencia de uso de los simuladores fue muy significativa para los docentes, al permitirles nuevas formas de abordar el componente práctico. Sin embargo, todos mencionan que, a pesar de las ventajas de las herramientas para acercarse a la realidad, estas no podrán remplazar en su totalidad las prácticas de laboratorio presenciales. Sin embargo, para el caso de laboratorios que requieren equipos o materiales complejos y que no son de fácil acceso, resultan ser una herramienta muy pertinente.

P1: “Como a las prácticas que no se pueden hacer desde la presencialidad porque son muy complejas o porque requieren equipos muy sofisticados por el proceso o por el tiempo. Estas herramientas le permiten experimentar cosas distintas”.

P2: “... definitivamente es como esa aproximación a la realidad, cuando yo no tengo en mi laboratorio real la posibilidad de lograr ese objetivo entonces digamos que definitivamente se logra con la simulación”.

Ventajas y desventajas

En la figura 2 se aprecian las ventajas detectadas por los docentes frente al uso de los simuladores, donde el total de los participantes considera que son fácilmente implementables en las actividades remotas (100 %). El 89 % considera que son una herramienta que disminuye los gastos de inversión, comparadas con las prácticas presenciales; permiten la repetición de actividades o tareas; proporcionan experiencias interactivas, y favorecen el desarrollo de competencias científicas. El 77 % de los participantes observa que los laboratorios virtuales favorecen la adquisición de competencias tecnológicas, permiten aprender jugando, posibilitan equivocarse sin consecuencias graves y les parece ventajoso que algunas de las simulaciones representan casos reales o situaciones difíciles de trasladar a la realidad. Llama la atención que

el 55 % de los docentes considera que estas herramientas promueven el aprendizaje autónomo y que solo el 44 % de los participantes ven en las simulaciones las ventajas de favorecer una mayor motivación para los estudiantes y un mejor manejo de la frustración, puesto que estas últimas son las ventajas más reportadas en la literatura. Además, las simulaciones les sirven para encontrar espacios

de aplicación y para ver más allá de los contenidos disciplinares, por ejemplo, ver escenarios de aplicación a futuro: “con Labster... dos laboratorios que no tenían nada que ver se pueden complementar... Haber hecho la exploración con Labster les permite ir más allá. Pensar en proyectos de aplicación como por ejemplo montar una microempresa con algo x” (P1).

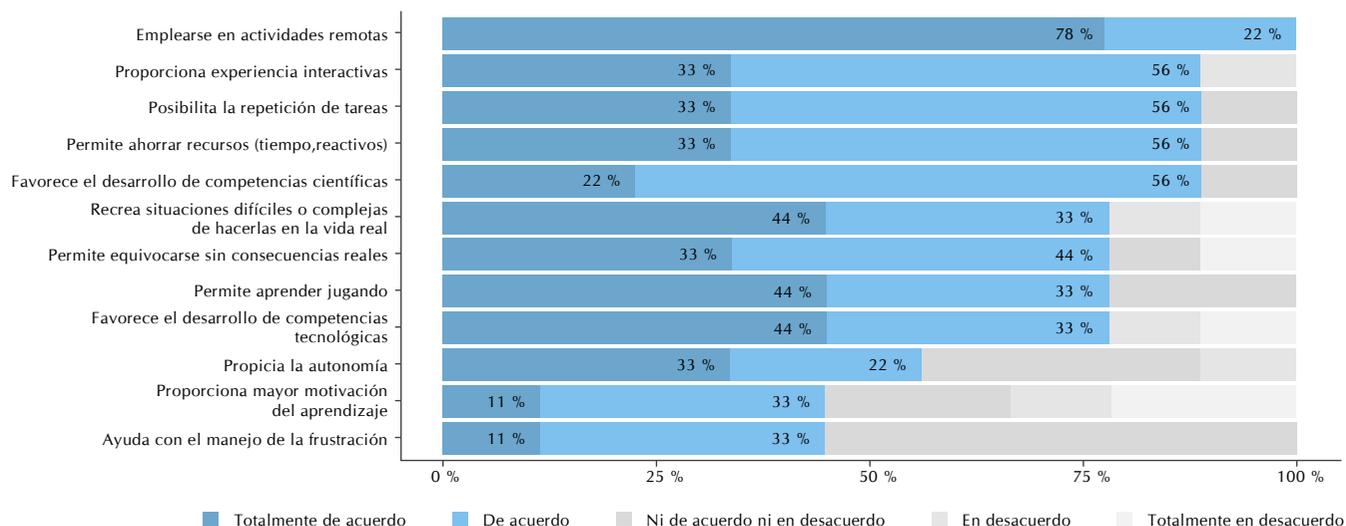


Figura 2. Ventajas percibidas por los profesores de la Facultad de Ciencias Naturales frente al uso de los laboratorios virtuales en el aula

Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, también ellos identifican una serie de desventajas que incluyen tanto inconvenientes técnicos como de contenido (figura 3). Para el total de los encuestados son herramientas que deben acompañarse con otras actividades en el aula. El 89 % de los participantes opina que algunas de estas simulaciones no incluyen todas las variables reales (89 %) y no desarrollan las competencias y habilidades de manipulación y destreza que pueden adquirirse en la práctica presencial; además, en su experiencia, algunos estudiantes no toman muy en serio esta alternativa didáctica, al considerarla un juego que no aporta mucho para su formación (44 %), y otros opinan que obliga a los estudiantes a pasar mucho tiempo frente al computador (78 %). En cuanto a los problemas técnicos, refieren la

falla en la conectividad y el tiempo que invierten aprendiendo a usarlos (44 %), para lo cual ellos creen importante tener una inducción, al menos de los principios básicos sobre el uso de estos recursos. También reportan que algunas plataformas utilizadas no permiten la toma de datos durante la simulación y otras no son interactivas, lo que hace el proceso menos interesante para los estudiantes. Otro hallazgo importante detectado es que algunas simulaciones siempre muestran los resultados ideales y no dan la opción de generar resultados erróneos para que los estudiantes discutan en torno a estos. Solo el 33 % considera que los laboratorios virtuales son costosos, y esto se relaciona con las herramientas empleadas por los docentes, las cuales en su mayoría fueron de uso libre.

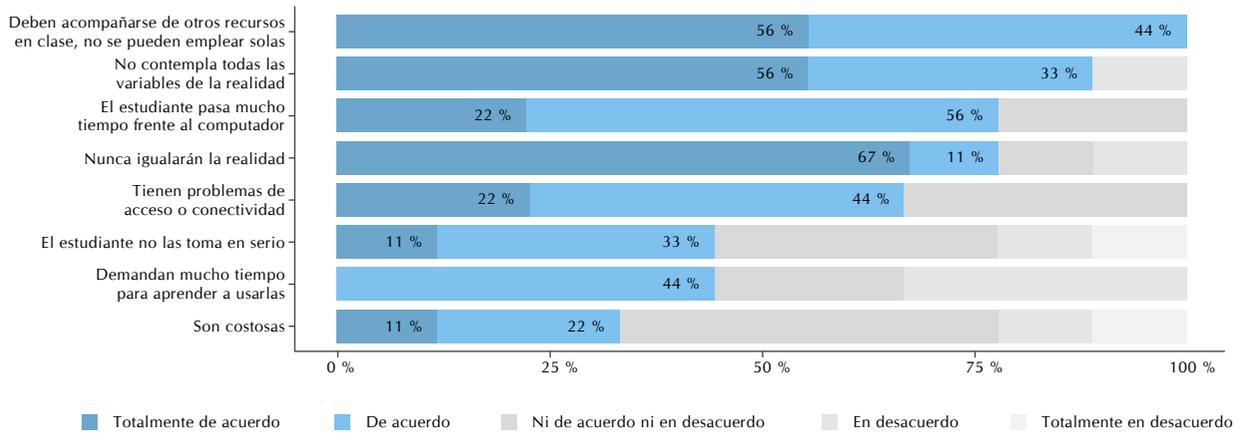


Figura 3. Desventajas percibidas por los profesores de la Facultad de ciencias naturales frente al uso de los laboratorios virtuales en el aula

Fuente: elaboración propia.

Recomendaciones y reflexiones finales para la implementación

Los laboratorios virtuales llegaron para quedarse como parte de la caja de herramientas pedagógicas de los docentes de la Facultad de Ciencias Naturales. Con el fin de aprovechar sus bondades y superar algunas de sus limitaciones, a continuación se presentan unas recomendaciones para su implementación en las clases antes de cada uno de los laboratorios virtuales, durante y después de estos, ya sea que estos se implementen en clases remotas o presenciales:

1. Antes de la clase (PREPARACIÓN): es indispensable que los docentes conozcan a profundidad la simulación que van a emplear y los programas asociados, de manera que puedan comprobar que los objetivos del laboratorio virtual están en concordancia con los objetivos de la clase, al igual que las otras actividades que acompañen la sesión. Para ello se sugiere elaborar un plan de trabajo para los estudiantes, como una guía de laboratorio donde se presente el recurso que se va a emplear (simulación) y se proporcionen unas preguntas orientadoras que se relacionen con la simulación y con el contenido del curso. Para el caso de simulaciones que sean muy pesadas, se les puede pedir a los estudiantes que las carguen previamente en sus equipos y avancen hasta cierto porcentaje, con el fin de disminuir el tiempo de arranque. Dentro de la preparación conviene hacerse preguntas que conduzcan

a la anticipación de problemas, como: ¿qué puedo hacer si se va la red? ¿Qué puedo hacer si la simulación no le carga a algún estudiante? ¿Qué puede ocurrir si la simulación falla y el estudiante no la puede terminar? Este tipo de preguntas son poderosas a la hora de planear la clase y estar preparado para los problemas.

2. Durante la clase (EJECUCIÓN): Llevar a cabo una socialización sobre los objetivos de la clase, así como de la simulación; presentarle al estudiante recomendaciones generales, adónde dirigir su atención; así como conocer las expectativas de los estudiantes frente a esta. Es conveniente orientar el trabajo en parejas, de modo que si la clase se está llevando a cabo de forma remota, se puede separar el curso en sesiones pequeñas de Zoom. Es recomendable que los estudiantes tomen notas en su cuaderno de laboratorio, al igual que lo harían en un laboratorio tradicional. Una opción, adaptada de la sugerencia de Dan Levy (2020) para supervisión de trabajos grupales en Zoom, es que el profesor pueda hacer el seguimiento del trabajo de los estudiantes por medio de un archivo compartido (One Drive o Google Drive), de manera que pueda ir viendo en simultáneo lo que van desarrollando los estudiantes en cada sesión. Así mismo, es importante visitar las parejas periódicamente a lo largo de la clase, motivando la participación y la realización de preguntas ante dudas, problemas o retroalimentación.

3. Después de la clase (EVALUACIÓN): finalizada la simulación, es importante que se permita un espacio de socialización de la experiencia de los estudiantes, desde los problemas técnicos hasta el cumplimiento de los objetivos y las dudas que quedan al final de la clase, conocer si se cumplieron las expectativas, si surgen nuevas ideas, e indagar si se logró la comprensión deseada del tema. Aquí es importante evaluar reflexivamente el éxito de la clase con el propósito de determinar qué cambiar o qué mejorar para futuras sesiones; por ello, llevar un registro escrito de estas reflexiones resulta muy valioso en la construcción del portafolio de cada profesor.

En gran medida, el éxito de la implementación de laboratorios virtuales en las clases depende de la valoración de su relevancia de uso en las clases por parte de los profesores, de manera que estas permitan un aprendizaje experiencial que sea significativo y auténtico, a pesar de ser virtual. Las posibilidades de lo que se puede hacer más allá de su implementación son infinitas: el docente podrá ir ampliando su experiencia y repertorio y el estudiante podrá reconocer su papel activo en el desarrollo de estos laboratorios. Tanto profesores como estudiantes irán descubriendo la forma de transferir sus conocimientos a situaciones diversas de amplio alcance, tanto académicas como de la vida cotidiana, y se atreverán, como lo señala David Perkins (2010), a “jugar el juego completo”.

Agradecimientos

Especialmente a las profesoras y los profesores que participaron en el diligenciamiento de las encuestas y entrevistas, por sus valiosos aportes para la comprensión del uso de estas herramientas. También a Camilo López Guarín, por su colaboración en la elaboración de las figuras en R.

Referencias

Bonde, M. T., Makransky, G., Wandall, J., Larsen, M. V., Morsing, M., Jarmer, H., & Sommer, M. O. A. (2014). Improving biotech education

through gamified laboratory simulations. *Nature Biotechnology*, 32(7), 694-697. <https://doi.org/10.1038/nbt.2955>

Booth, W. C., Colomb, G. G., & Williams, J. M. (2008). The craft of research. En *Chicago guides to writing, editing, and publishing*. University of Chicago Press. <http://www.loc.gov/catdir/toc/ecip082/2007042761.html>

Coleman, S. K., & Smith, C. L. (2019). Evaluating the benefits of virtual training for bioscience students. *Higher Education Pedagogies*, 4(1), 287-299. <https://doi.org/10.1080/23752696.2019.1599689>

De Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305-308. <https://doi.org/10.1126/science.1230579>

Engen, B. K. (2019). Comprendiendo los aspectos culturales y sociales de las competencias digitales docentes. *Comunicar*, 27(61), 9-19. <https://doi.org/10.3916/c61-2019-01>

Hattie, J., & Yates, G. C. R. (2014). *Visible learning and the science of how we learn: How knowledge is stored in the mind*. Routledge.

Infante Jiménez, C. (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista Mexicana de Investigación Educativa RMIE*, 19(62), 917-937. <https://www.comie.org.mx/revista/v2018/rmie/index.php/nrmie/article/view/212/212>

Levy, D. (2020). *Teaching effectively with Zoom: A practical guide to engage your students and help them learn*. Dan Levy. <https://books.google.com.co/books?id=HZSjzQEACAAJ>

Lynch, T., & Ghergulescu, I. (2017). Review of virtual labs as the emerging technologies for teaching stem subjects. *INTED2017 Proceedings*, 1, 6082-6091. <https://doi.org/10.21125/INTED.2017.1422>

- Makransky, G., Bonde, M. T., Wulff, J. S. G., Wandall, J., Hood, M., Creed, P. A., Bache, I., Silaharoglu, A., & Nørremølle, A. (2016). Simulation based virtual learning environment in medical genetics counseling: an example of bridging the gap between theory and practice in medical education. *BMC Medical Education*, 16(1), 98. <https://doi.org/10.1186/s12909-016-0620-6>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura. (2000). *Informe de la reunión de expertos sobre laboratorios virtuales*.
- Osorio, L. A., Cifuentes, G., Aldana, M. F., & García, C. (Eds.). (2012). *LIDIE: 25 años. Laboratorio de Investigación y Desarrollo sobre Informática y Educación*. Centro de Investigación y Formación en Educación, Universidad de los Andes.
- Perkins, D. N. (2010). *El aprendizaje pleno: Principios de la enseñanza para transformar la educación*. Paidós. https://books.google.com.co/books?id=k8j_ZwECAAJ
- Ritchhart, R., Church, M., & Morrison, K. (2011). *Making thinking visible: How to promote engagement, understanding, and independence for all learners*. Wiley. <https://books.google.com.co/books?id=psIVCEfkJZ8C>
- Zacharia, Z. C., Olympiou, G., & Papaevripidou, M. (2008). Effects of experimenting with physical and virtual manipulatives on students' conceptual understanding in heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(9), 1021-1035. <https://doi.org/10.1002/tea.20260>

Notas:

**Centro de Enseñanza, Aprendizaje y Trayectoria Profesional – CEAP –
Dirección Académica
Vicerrectoría**

Carrera 7 No 12B-41, oficina 803
2970200 ext. 3160 • enseñanzayaprendizaje@urosario.edu.co

COLECCIÓN PEDAGOGÍA
π α ι δ α γ ω γ ι α
