



---

**Modificaciones implementadas a los laboratorios de química debido a la pandemia por COVID-19 a nivel internacional y nacional, el caso de la Universidad Nacional y la Universidad de Costa Rica en 2020-2021 y sus aciertos o deficiencias en cumplir con la finalidad de estos cursos**

Modifications Implemented to the Chemistry laboratories due the COVID-19 Pandemic at the International and National level, the Case of the National University and the University of Costa Rica in 2020–2021 and their Successes or Deficiencies in Fulfilling the Purpose of these Courses

*Yorleni Corrales González<sup>1</sup>*

Universidad de Costa Rica

Costa Rica

[yorleni.corrales@ucr.ac.cr](mailto:yorleni.corrales@ucr.ac.cr)



Recibido: 24 de agosto de 2022. Aprobado: 12 de julio de 2023

<http://doi.org/10.15359/rep.18-1.3>

1 Docente de química en la Universidad de Costa Rica desde hace siete años, posee una licenciatura en química obtenida en dicha universidad y cursa sus estudios de Maestría en Educación con énfasis en Pedagogía Universitaria en la Universidad Nacional. <https://orcid.org/0000-0002-4071-0774>



### Resumen

Este ensayo aborda la problemática enfrentada por docentes que imparten laboratorios de química ante la pandemia por COVID-19; las medidas de contingencia ejecutadas para continuar con los cursos de laboratorio en virtualidad, como lo fueron los simuladores químicos en línea y la aplicación de prácticas caseras de laboratorio; las recomendaciones realizadas por equipos expertos, así como algunas impresiones del estudiantado ante las medidas implementadas por el profesorado. Además, se discuten algunas modificaciones realizadas por dos de las universidades estatales de Costa Rica para hacer frente a esta situación fuera de lo común. Si bien los estudios consultados coinciden en que ante la virtualidad se pierde la esencia de un curso de laboratorio, al no tenerse la posibilidad del manejo de equipos e instrumentación, se considera que la utilización de herramientas virtuales y tecnológicas es un buen complemento para el apoyo del aprendizaje de discentes y que su inclusión es importante para el desarrollo, en el estudiantado, de diferentes capacidades vinculadas con el aprendizaje de la química. **Palabras clave:** Afectación del aprendizaje, destrezas adquiridas, educación, laboratorios de química, pandemia, virtualidad.



### Abstract

This essay addresses the problems faced by chemistry laboratory teachers during the COVID-19 pandemic, the contingency measures used to continue virtual laboratory courses, such as online chemical simulators and the application of home laboratory practices, the recommendations made by experts, as well as some impressions of the student body regarding the measures implemented by their teachers. In addition, some measures taken by two state universities from Costa Rica to deal with this anomalous situation are discussed. Although the studies consulted agree that virtuality loses the essence of a laboratory course, as there is no possibility of handling equipment and instrumentation, it is considered that the use of virtual and technological tools is a good complement to support the learning of



students and that their inclusion is important for the development of education in the chemistry laboratory.

**Keywords:** acquired skills, chemistry laboratories, education, effects on learning, pandemic, virtuality

## Introducción

La pandemia por COVID-19 trajo consigo grandes cambios en los modelos de enseñanza y aprendizaje, la responsabilidad social que se le daba al profesorado se volvió más crítica en el modelo de enseñanza remota que se debió implementar y los esfuerzos necesarios para cumplir con ella fueron extraordinarios, muchas personas docentes tuvieron que capacitarse de forma imprevista y rápida en el manejo de nuevas tecnologías, pues se volvieron una necesidad inminente y la mayoría no había implementado con anterioridad la utilización de tecnologías de información y comunicación (TIC) en sus clases, incluso el estudiantado, de quien se pensaba que eran personas nativas digitales, necesitaron de tiempo y hasta cierta capacitación, para lograr hacer frente al cambio (Delgado, 2020; Youssef *et al.*, 2020).

Sin embargo, es probable que las clases más afectadas por la migración imprevista a la virtualidad hayan sido aquellas en las cuales el componente práctico era fundamental, como lo son los laboratorios de química, en los que el estudiantado aprende destrezas manuales en la utilización del instrumental (Villanueva y Zimmermann, 2020), por lo que el cuerpo docente se vio obligado a adaptar sus clases para continuar con la enseñanza de una forma efectiva y las personas estudiantes fueran afectadas lo menos posible por la no presencialidad durante la cuarentena por pandemia (Cabero-Almenara 2020).

Por el planteamiento anterior, se tiene como finalidad el abordaje de las modificaciones hechas por el personal docente que impartió los cursos de laboratorio de química durante la pandemia por COVID-19, esto a nivel internacional, además de un análisis de lo realizado en las universidades estatales, Nacional y de Costa Rica en el 2020 – 2021 y los aciertos o deficiencias en las que pudieron incurrir al variar sus cursos de la modalidad de enseñanza presencial a una virtualidad del 100 %.

## **Funcionalidad de los laboratorios químicos y destrezas adquiridas por el estudiantado en las clases prácticas**

No existen estudios recientes que sean específicos al aporte educativo que tienen los laboratorios en el aprendizaje de la química (Bretz, 2019; Sandi-Urena, 2020); sin embargo, estos se pueden ver como un complemento de los cursos teóricos y conllevan un gran aporte práctico a las destrezas y habilidades del estudiantado en el manejo de reactivos químicos y equipo instrumental característico de un laboratorio.

Arroba y Acurio (2021) indican que, desde el punto de vista del constructivismo, la química es una ciencia teórico-experimental; de ahí la importancia de los laboratorios que dan ese componente práctico; además, explican cómo dicho componente es capaz de activar las habilidades cognitivas de forma creativa, de manera que la persona estudiante participa en la construcción del conocimiento y la toma de decisiones frente a situaciones problemáticas que pueden surgir dentro de un laboratorio, de forma que se les confronta con la realidad, estos conocimientos y destrezas les serán útiles no solo en su desempeño profesional, sino en su vida en general.

Este apoyo experimental a las clases teóricas, adquiere mayor relevancia al considerar que la química es una materia que tradicionalmente ha tenido el rechazo estudiantil, en especial en los cursos de servicio, entendiéndose aquellos que se imparten a estudiantes que no pertenecen a la carrera de química, dichos cursos son de baja aprobación (Arroba y Acurio, 2021), por lo que las clases prácticas ayudan a fomentar la participación activa del estudiantado, la comprensión de la información y el aprendizaje significativo. Además, es importante reflexionar que, desde la neurociencia, se sabe que la atención del estudiantado en una clase se pierde con facilidad, especialmente si hay cierta monotonía en la voz de quien la imparte (Casasola, 2020), por lo que tener apoyo práctico se vuelve fundamental para la comprensión de la información química.

Arroba y Acurio (2021) y Casasola (2020) coinciden en que la parte experimental en el estudio de la química es fundamental, no solo en la adquisición de habilidades motoras y en el manejo y ensamblaje de los equipos de laboratorio, sino, también, en el apoyo a la comprensión de los temas, de manera que la participación activa ayuda a la asimilación de conceptos y técnicas.



## **Pandemia y cambios en la modalidad de enseñanza y aprendizaje en los laboratorios de química**

Si bien es cierto desde hace unos años atrás los modelos de formación en línea han venido en auge, al igual que la inclusión de nuevas tecnologías en el desarrollo de las clases tanto teóricas como de laboratorio, con la utilización de videos explicativos o plataformas interactivas, no se había concebido, en el colectivo, un cambio tan drástico como tener que impartir las clases en su totalidad en línea, prácticamente a nivel mundial y con la utilización de aplicaciones y tecnologías que con anterioridad no se usaban para tal fin, de no ser por la llegada de la pandemia y el confinamiento asociado a esta.

Las metodologías de enseñanza en línea tienen un poder transformador del aprendizaje, cuando son incluidas de manera que involucren un cambio en el modelo de enseñanza y se les compara con modelos tradicionalistas unidireccionales, donde solo el personal docente lleva la batuta locutiva y al estudiantado se le considera un receptor de la información, por lo que el tradicionalismo, se dice, no responde al dinamismo cognitivo que debería caracterizar el aprendizaje del siglo XXI, mientras que, con la aplicación de nuevas tecnologías, se podría llegar al objetivo de incluir habilidades metacognitivas de aprendizaje (Casasola, 2020). De ahí la importancia de la utilización de nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza y aprendizaje, para facilitar la comprensión de los temas tratados en cursos de química teóricos y prácticos.

Con la pandemia, la implantación de nuevas metodologías tecnológicas no pudo evitarse. Y las capacitaciones del personal docente se evidenciaron como uno de los mayores retos para que la educación pudiera cumplir con su cometido en esta situación de emergencia (Cabe-ro-Almenaras, 2020), pues debía conocer las aplicaciones, simuladores, plataformas, entre otras herramientas tecnológicas, con anterioridad para poder explicar y retroalimentar debidamente a sus estudiantes, además de poder incorporarlas correctamente en su estrategia metodológica de adaptación.

Otro aspecto interesante que se comprobó que era necesario, al aplicar la metodología virtual, fue que, si bien inicialmente se pensó que las nuevas generaciones eran nativas digitales, ante esta situación, se vio que realmente no era así y que la veracidad de dicho término realmente estaba muy enlazada con las facilidades de acceso a internet y tecnología que tuviera el estudiantado y que, por el contrario, en

muchas ocasiones, se necesitó cierto grado de capacitación, ya que no tenían las herramientas y conocimientos tecnológicos para enfrentarse a la virtualidad (Casasola, 2020; Delgado, 2020). Monturiol (2020) indica que la COVID-19 trajo a relevancia un cambio que ningún otro proyecto de transformación digital había conseguido antes, pues ha hecho actores y actrices del cambio, a docentes y estudiantes, con una nueva forma para abordar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la ciencia y de cualquier otra disciplina.

Durante la pandemia y la aplicación de la enseñanza en línea, muchas personas estudiantes regresaron a vivir con sus familias, por lo que se tuvo un desplazamiento geográfico a diversas zonas del país que para lugares como Costa Rica se manifestó como una variación geográfica (Monturiol, 2020), pero en países más grandes, como los Estados Unidos, se enfrentaron a la diferenciación en husos horarios, e incluso hubo estudiantes que regresaron a sus hogares en el extranjero, por lo que estas características se debieron tomar en cuenta al hacer la adaptación de las clases (Kalman *et al.*, 2020).

Además, Kalman *et al.* (2020) mencionan un punto interesante de todo este cambio en la formación estudiantil y es el hecho de que, al estar en casa, ya no tenían que desplazarse al centro educativo y podían ahorrarse horas de viaje; pero, además hacen la aclaración de que, en sus hogares, el estudiantado no contaba con espacios adecuados para realizar su tiempo de estudio y, por el contrario, se enfrentaban a distractores que les impedían un buen desarrollo de sus quehaceres educativos. No obstante, los autores rescatan un punto positivo de la estancia en casa durante la pandemia y es que, gracias a la virtualidad, el aprendizaje se hizo más autónomo y esto dio pie a que el estudiantado aumentara su grado de confianza en sí mismo, e incluso que incrementara la motivación con respecto a sus estudios; este aspecto se vio reflejado en las calificaciones finales de los cursos.

Por el contrario, estudios como los de Youssef *et al.* (2020) mencionan que, al estar en casa, la motivación del estudiantado hacia su carrera y estudios disminuyó, pues no se contaba con el apoyo e interacción social con sus pares y la presencia y guía física del profesorado, por lo que se puede decir que la reacción ante la situación depende en muchas ocasiones a la capacidad de organización de la persona estudiante, pues si no se tiene una buena gestión del tiempo, se pierde la motivación fácilmente al tener la necesidad de valerse muchas veces



por ellos y ellas mismas al estudiar, pues la virtualidad encaró al estudiantado ante la responsabilidad que tienen con su propio aprendizaje, justamente por estas razones es que las personas más disciplinadas y con mejor manejo del tiempo tenían los mejores resultados académicos durante la enseñanza remota (Kalman *et al.*, 2020).

Si bien es cierto, la virtualidad perturbó la educación a nivel mundial, las áreas de la enseñanza que se vieron más afectadas fueron aquellas en las que se recurre de forma habitual a actividades prácticas, como lo son los laboratorios de química (Delgado, 2020), ya que se perdieron los espacios de presencialidad donde la persona estudiante tenía contacto con el equipo especializado y los reactivos químicos y se aprendía la forma correcta para su manipulación y ensamblaje, situación que no es posible en el modelo 100 % virtual; el personal docente tuvo que ingeniárselas para llevar una experiencia práctica lo más similar al laboratorio para sus estudiantes a través de una pantalla.

Adaptar un curso a la modalidad en línea es especialmente retador en el caso de los de laboratorio (Youssef *et al.*, 2020), por lo que, se puede entender cómo en el momento de trasladar la enseñanza presencial de laboratorios químicos a entornos virtuales se pierde, en gran medida, el objetivo que estos tienen. Villanueva y Zemmermann (2020) explican que, debido a la virtualidad, los cursos de laboratorio dejan carencias en la adquisición de habilidades prácticas. Los autores exponen también que, en algunos casos, se le dio al estudiantado la oportunidad de retirar los cursos matriculados, para que pudieran decidir si les convenía más esperar y llevarlos en formato presencial más adelante; pero, para la mayoría del estudiantado, esta no era una opción, pues podían atrasar en gran medida su plan de estudios y sus planes a futuro con respecto a su educación.

### **Medidas de contingencia ante la pandemia debida al COVID-19, para continuar labores de enseñanza en cursos prácticos de laboratorio de química**

La ardua labor del personal docente al replantear sus asignaciones y métodos evaluativos es de exaltar, pues todo este trabajo fue efectuado en un tiempo récord. Para ello, se valieron de capacitaciones, reflexiones, discusión e interacción con otros colegas, con el fin de mejorar sus capacidades de manejo en tecnologías. Dentro de las principales recomendaciones de personas expertas al inicio de la pandemia,

estuvo el familiarizarse con las herramientas tecnológicas disponibles para desarrollar las clases virtuales (Arnaud, 2020), pues se insistió en que, para la adecuada aplicación de las tecnologías y una buena clase en línea, se necesitaba sentirse en comodidad al usar los sistemas de aprendizaje, organizarse, saber dónde se encontraba la información necesaria para la clase, estar al corriente de cómo se sube la información a las plataformas, la revisión de asignaciones, tomar asistencia, entre otras (Monturiol, 2020).

En la publicación realizada por Delgado (2020), se recalca la labor docente en cuanto a todo el trabajo realizado en las modificaciones hechas para los laboratorios virtuales, ya que la planeación de los cursos en línea se efectuó en muy pocos días por la influencia de la pandemia; pero, en realidad, preparar una clase virtual es una labor que podría tomar años de elaboración de contenidos y preparación de actividades.

Las medidas implementadas para la enseñanza de los laboratorios en modelo en línea demandaron mucha de la creatividad del profesorado y, en ocasiones, también estaba determinada por los recursos económicos con los que contara la institución. En algunas universidades con mucho presupuesto económico, se adquirieron paquetes tecnológicos (membresías) y se le facilitaron, al personal docente, equipos como tabletas para la elaboración de material, la comunicación con el estudiantado y el desarrollo de las clases (Arnaud, 2020), pero en universidades con pocos recursos, las personas educadoras se vieron en la necesidad de asumir de sus bolsillos la inversión económica en equipo, paquetes tecnológicos, entre otros, que requirieran para llevar a buen término su tarea docente (CEPAL, 2020).

En instituciones de Estados Unidos, como la Universidad de Berkeley, se utilizaron laboratorios virtuales, en los que el departamento de química tomó fotografías, grabó los experimentos, elaboró documentos con la información que estudiantes necesitaban para producir los informes de laboratorio y los colocó en línea a su disposición. Sin embargo, una parte del profesorado consideró que, para tener una buena interacción activa entre estudiantes, el componente sincrónico era esencial, por lo que organizaron clases sincrónicas, cuya finalidad era la discusión de los videos de laboratorio y hablar entre ellos y ellas para hacer la clase más amena o incluso también se efectuaron sesiones sincrónicas con el personal instructor, para la aclaración de dudas. La presentación de los informes podía ser mediante archivo en formato PDF en forma



escrita o en modalidad oral por medio de una reunión en la plataforma Zoom® (Delgado, 2020).

Otras instituciones educativas de dicho país no solo implementaron videos de los experimentos, sino pusieron en práctica la utilización de simuladores virtuales, con los cuales sus discentes entraban a plataformas en línea y realizaban la experimentación, generando así, por su propia mano, los datos necesarios para analizarlos y elaborar los presentables de cada práctica de laboratorio. Para la utilización de los simuladores químicos, se les facilitaron instrucciones detalladas no solo para su uso sino, también para la instalación de los programas que iban a necesitar. Asimismo, se implementó el trabajo colaborativo en grupos pequeños y las sesiones sincrónicas por Zoom® en las que la opción de *breakout rooms* o salas virtuales fue indispensable para el trabajo en equipo, pues se les daba la posibilidad de usar los simuladores químicos durante la clase para realizar la práctica en equipo y así consultar al personal instructor si lo consideraban necesario (Youssef *et al.*, 2020).

En el *Georgia Gwinnett College*, durante la virtualidad, el personal instructor colaboró con estudiantes de forma remota, ya fuera por llamada telefónica o reuniones en línea. En dicha institución, igualmente, se usaron simuladores químicos de laboratorio e incluso se les facilitaron kits de laboratorio a estudiantes para la realización de actividades en casa, se usaron las clases sincrónicas, pero de más corta duración que en la presencialidad; además, se procuró implementar la teoría constructivista para comprometer al estudiantado con la gestión de su propia educación y motivarlo a usar el pensamiento crítico, al poner en práctica los conocimientos ya adquiridos; se efectuaron actividades guiadas en las que el personal docente daba las instrucciones al estudiantado y aclaraba las dudas que surgieran durante la práctica (Villanueva y Zimmermann, 2020).

En la Universidad Nacional de Costa Rica, el personal docente, al igual que en el resto del mundo, hizo uso de su ingenio, vocación, conocimiento y creatividad para llevar hasta sus estudiantes los experimentos científicos necesarios para los cursos de química. Ahí, se utilizó la herramienta de *Facebook Live* en la que el personal docente transmitía en vivo un laboratorio para sus estudiantes, usando una cámara fija o con sus dispositivos móviles. El estudiantado seguía la transmisión en tiempo real y tomaba nota de la información, se sustituyó la libreta de laboratorio por una hoja de cálculo compartida, en la que todos iban

incluyendo los datos y graficando la información requerida según el laboratorio transmitido (Monturiol, 2020).

Otros grupos docentes de esta institución optaron por adaptar las prácticas para que se hicieran con sustancias e instrumentos disponibles en casa o de fácil acceso en algún supermercado; además, se abría la posibilidad de recibir retroalimentación del estudiantado y que pudieran recomendar mejoras para los procedimientos. Con las modificaciones, la intención fue afianzar los conocimientos teóricos adquiridos por el estudiantado (Monturiol, 2020).

En las universidades internacionales, la opinión estudiantil fue relevante, ya que se utilizaron encuestas anónimas al final del semestre para definir el sentir del estudiantado. Dieron como resultado que, si bien consideraban útiles las medidas tomadas y la implementación de nuevas tecnologías para los laboratorios, no consideraban adecuado sustituir del todo el formato presencial por prácticas en línea (Youssef *et al.*, 2020). El estudiantado también apreció mucho la organización de la información y las instrucciones brindadas, pues consideró que se podía visualizar el propósito y objetivos de cada práctica, además de poder seguir los ejercicios y el procedimiento adecuadamente (Villanueva y Zimmermann, 2020). En Costa Rica, no se han encontrado publicaciones de resultados de opiniones estudiantiles a este respecto.

### **El caso de la Universidad de Costa Rica**

En el caso específico de la Universidad de Costa Rica (UCR), las medidas implementadas se basaron en los objetivos que se esperaban de los cursos de laboratorio, al considerar cuáles eran aplicables en un modelo virtual. Por ejemplo, se podía conseguir que el estudiantado relacionara la teoría con la práctica, mediante trabajos experimentales en casa, pero no era tan factible la adquisición de habilidades en el manejo de equipo de laboratorio, por lo que se procedió a crear adaptaciones que permitieran alcanzar los objetivos de aprendizaje que sí fueran logrables en la virtualidad.

Dentro de las metodologías aplicadas por docentes estuvieron: la grabación de videos en los que el estudiantado podía ver el proceso experimental de la práctica correspondiente. En estos una persona docente efectuaba la práctica de laboratorio y se iba explicando el procedimiento. También se utilizaron simuladores químicos en línea; con ellos, se



logró que las personas estudiantes pudieran cumplir la práctica de laboratorio, al emplear una balanza digital disponible en el simulador.

Otra implementación hecha fue muy similar a la aplicada en el caso de la Universidad Nacional; se planteó la adaptación de ciertos experimentos para que se pudieran efectuar en casa, con utensilios de cocina, sustancias caseras o de fácil adquisición en supermercados y farmacias; por ejemplo, en el curso de Laboratorio de Fundamentos de Química Orgánica, para la práctica correspondiente al tema de ácidos y bases, se les solicitó a las personas estudiantes la adquisición de materiales como jabón líquido, refresco gaseoso, vinagre, leche de magnesia, algunas otras sustancias de uso común y un material vegetal como repollo morado, para preparar un extracto con el cual se pudiera hacer una determinación de acidez o basicidad de las sustancias caseras. En el caso de algunos laboratorios de química general, también se les solicitó materiales de fácil adquisición en algunas semanas para que hicieran una determinación experimental casera.

Así, con la ayuda de los videos, las prácticas en simuladores o la experimentación casera, las personas estudiantes lograron recopilar los datos necesarios para el análisis y discusión de la información, de manera que era posible la elaboración de los entregables para la evaluación del curso de laboratorio; además, esto permitía la interiorización de los conocimientos, al asimilar de una mejor forma su aprendizaje en el formato virtual.

Un profesor de dicha institución, [Sandi-Ureña \(2020\)](#), realizó la publicación de sus experiencias al adaptar un curso de laboratorio de química general. En ellas manifiesta que el proceso de aprendizaje por experimentación, es más que un desempeño técnico, sino que es necesario promover el aprendizaje incorporando actividades significativas fuera del laboratorio, de manera que durante la emergencia por pandemia de la COVID-19, se lograran cumplir algunos de los objetivos de los cursos prácticos con el modelo de enseñanza virtual; sin embargo, también, recalca que no está de acuerdo con una sustitución total de la experiencia de laboratorio a un formato remoto, pues la asistencia al laboratorio promueve la adquisición de una serie de habilidades y técnicas manipulativas que no se logran con la virtualidad.

## **Consideraciones y observaciones resultantes de las aplicaciones de metodologías virtuales de aprendizaje en los cursos prácticos de laboratorio de química**

Es importante destacar que el aporte que da el laboratorio es más que un aspecto de destrezas técnicas en el manejo de equipo e instrumentación, sino que va más allá, con la búsqueda de un aprendizaje efectivo y la interiorización de conceptos. Justamente, en este aspecto, es en lo que se basaba el cuerpo docente para la planeación de las actividades virtuales y las adaptaciones hechas; sin embargo, se debe aclarar que, como bien lo menciona [Sandi-Ureña \(2020\)](#), la intención no fue sustituir los laboratorios presenciales, pues considera que los laboratorios son para las carreras de ciencia lo que la piscina para un nadador o nadadora, si bien este puede hacer entrenamiento físico en el gimnasio, siempre necesitará la práctica en la piscina para serlo.

Uno de los principales aportes que ha dejado la implementación de las actividades de enseñanza y aprendizaje en un formato 100 % virtual, es el uso de las TIC, ya que, para su uso, se pasó por un proceso de capacitación por parte de docentes y estudiantes y se mejoró así su dominio en tecnologías, familiarizándose con ellas y abriendo la posibilidad a su uso en un futuro postpandemia.

El uso de las herramientas tecnológicas ha permitido la implementación de laboratorios virtuales, mediante simulaciones, videos explicativos y prácticos, que favorecen clases más interactivas y llamativas para discentes, de manera que se fortalece la atención, la concentración y el entendimiento ayudando a lograr un aprendizaje significativo y desarrollando destrezas, actitudes y habilidades como el manejo de información y revisión de material didáctico ([Arroba y Acurio, 2021](#)). Con la educación en ciencia, se busca fomentar la capacidad de observación y análisis, la curiosidad científica y el pensamiento crítico en el estudiantado ([Monturiol, 2020](#)); al plantear un laboratorio en el modelo virtual igualmente estos objetivos son los que se consideran fundamentales en la planeación de la actividad, a pesar de que no se logre tener la habilidad manual del manejo de equipo y reactivos, las habilidades de pensamiento se pueden seguir cumpliendo; así, la metodología aplicada se puede considerar que ha sido un éxito.

Al tomar en consideración las implicaciones planteadas en la metodología de enseñanza en línea, es interesante mencionar el artículo publicado por [Kelley \(2021\)](#), quien efectuó una indagación bibliográfica



de más de 171 publicaciones, en la cual investigó la adaptación de los cursos de laboratorio a las clases virtuales y la afectación en el aprendizaje estudiantil como resultado de las medidas tomadas para ajustar los laboratorios de química durante la pandemia. En dicha publicación, la autora resaltó que si bien aún no se cuentan con investigaciones esclarecedoras de la funcionalidad de los laboratorios en el aprendizaje del estudiantado, durante el periodo de pandemia, se observó que las metodologías implementadas como videos de las experimentaciones o el uso de simuladores computacionales permitieron la correcta asimilación de conceptos por el estudiantado, sin embargo cuando lo que se requería eran habilidades técnicas en el uso del instrumental de laboratorio, no se logró mediante la enseñanza en línea.

Pese a lo anterior, [Kelley \(2021\)](#) destaca que una aplicación de simuladores, videos y tecnología en sí, acompañada de la parte práctica en presencialidad, se considera la mejor opción, pues permite un aprendizaje más integral de los conceptos, acompañado de la adquisición de competencias en las habilidades técnicas. Además, alude a que la emergencia del COVID-19 permitió la comparación entre la enseñanza sin laboratorios químicos y con estos, y que esta posibilidad llegó justamente en un momento en el que el cuestionamiento a la efectividad educativa de estos últimos se ha puesto en discusión, pues se quiere saber si realmente los cursos prácticos de laboratorio tienen una funcionalidad lo suficientemente elevada en el aprendizaje del estudiantado para compensar los elevados costos de dichos cursos y la contaminación ambiental que producen ([Bretz, 2019](#)).

## Conclusiones

Dentro de las principales observaciones de todos los estudios consultados, está el reconocimiento del trabajo docente ejecutado durante la adaptación de las clases virtuales y el compromiso de estos al capacitarse e informarse para lograr aplicar diferentes metodologías durante el plan de contingencia de los laboratorios virtuales, incluso se menciona que docentes adaptaron en cuestión de días los laboratorios y desempeñaron trabajos que perfectamente pudieron haber tardado años.

Sin embargo, también se destacan las desigualdades a las que hicieron frente docentes para llevar a cabo sus obligaciones, pues mientras que en entidades internacionales se les facilitaron tecnologías y equipos, en otras instituciones, como en las de Costa Rica, la mayoría

de docentes debieron asumir los gastos económicos necesarios para la adquisición de equipo y tecnologías para adaptar sus cursos de laboratorio. Por otro lado, si bien el estudiantado consideró que la adaptación tecnológica de emergencia fue bastante buena, el componente presencial en laboratorios es irremplazable, especialmente para adquirir habilidades técnicas, pero también para fomentar las interacciones entre estudiantes y con el profesorado.

La pandemia dejó ver que la inclusión de nuevas tecnologías en la educación generó buenos resultados al mejorar el aprendizaje efectivo de los conceptos teóricos e incluso en la información práctica del laboratorio; el único componente que no se alcanzó a sustituir durante la virtualidad fue la adquisición de competencias técnicas en el manejo de equipos y reactivos de laboratorio.

Se concluye que existe un debate internacional entre las personas expertas en docencia universitaria de la química, pues no se cuenta con resultados experimentales claros de la utilidad de los laboratorios en enseñanza e incluso se ha cuestionado si vale la pena su aplicación al tomar en consideración los altos costos de dichos cursos y la contaminación ambiental generada.

Finalmente, se recomienda el desarrollo de investigaciones que accedan al esclarecimiento de la utilidad educativa de los laboratorios de química, de manera que se tenga más información del panorama de si son o no útiles para la asimilación de conceptos e información referente a los cursos de teoría y no solo a la adquisición de habilidades técnicas y de manipulación de equipo.



## Referencias

- Arnaud, C., (2020). Tips for teaching in the time of coronavirus [Recomendaciones para enseñar en tiempos de coronavirus]. *Chemical and Engineering News*, 98(12). <https://cen.acs.org/education/Tips-teaching-time-coronavirus/98/i12#:~:text=Keep%20it%20short%20and%20simple,the%20videos%20into%20manageable%20chunks>
- Arroba, M. F y Acurio, S. A. (2021). Laboratorios virtuales en entorno de aprendizaje de química orgánica, para el bachillerato ecuatoriano. *Revista Científica UISRAEL*, 8(3), 73–93. <https://doi.org/10.35290/rcui.v8n3.2021.456>
- Bretz, S. L. (2019). Evidence for the Importance of Laboratory Courses [Evidencia de la importancia de los cursos de laboratorio]. *Journal of Chemical Education*, 96(2), 193–195. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00874>
- Cabero-Almenara, J. (2020) Aprendiendo del tiempo de la COVID-19. *Revista Electrónica Educare*, 24(1), 1-3. <https://doi.org/10.15359/ree.24-S.2>
- Casasola, W. (2020, 31 de marzo). Repensando el modelo educativo ante el COVID-19. *Hoy en el TEC*. <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2020/03/31/repensar-modelo-educativo-covid-19>
- Comisión Económica para América Latina (CEPAL). (2020). *La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19. Informe COVID-19 CEPAL-UNESCO*. [https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/45904/S2000510\\_es.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/45904/S2000510_es.pdf)
- Delgado, P. (2020, 11 de noviembre). Retos de enseñanza en línea: El Caso de las clases de química. *Instituto para el Futuro de la Educación, Observatorio. Instituto para el futuro de la Educación*. <https://observatorio.tec.mx/edu-news/retos-de-ensenar-quimica-en-linea>
- Kalman, R., Macias, M. y Weston, C. (2020). Student Views of the Online Learning Process During the COVID – 19 Pandemic: A Comparison Of Upper-Level and Entry-Level Undergraduate Perspectives [Opiniones de los estudiantes sobre el proceso de aprendizaje en línea durante la pandemia del COVID-19: Una comparación de estudiantes de pregrado de niveles superior e inicial]. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 3353-3357. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00712>

- Kelley, E. W. (2021). LAB Theory, HLAB Pedagogy, and Review of Laboratory Learning in Chemistry during the COVID-19 Pandemic [Teoría y pedagogía de laboratorios y revisión del aprendizaje de laboratorios en química durante la pandemia de COVID-19]. *Journal of Chemical Education*, 98(8), 2496–2517. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00457>
- Monturiol, S. (2020, 25 de septiembre). Docentes llevan laboratorios de química a la casa de estudiantes. *UNA Comunica. Oficina de Comunicación*. <https://www.unacomunica.una.ac.cr/index.php/setiembre-2020/3146-docentes-llevar-laboratorios-de-quimica-a-la-casa-de-estudiantes>
- Sandi-Urena, S. (2020). Experimentation Skills Away from the Chemistry Laboratory: Emergency Remote Teaching of Multimodal Laboratories [Experimentación de habilidades fuera del laboratorio de química: Enseñanza remota de emergencia de laboratorios multimodales]. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 3011–3017. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00803>
- Villanueva, O. y Zimmermann, K. (2020). Transitioning an Upper-Level, Integrated Laboratory Course to Remote and Online Instruction During the COVID-19 Pandemic [Transición de un curso de laboratorio integrado de nivel superior a instrucción remota y en línea durante la pandemia por COVID-19]. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 3114–3120. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00740>
- Youssef, M., McKinstry, E. L., Dunne, A., Bitton, A., Brady, A G. y Jordan, T. (2020). Developing Engaging Remote Laboratory Activities for a Nonmajors Chemistry Course During COVID-19 [Desarrollo de actividades remotas de laboratorio para cursos básicos de química durante el COVID-19]. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 3048–3054. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00792>