



**Integración de laboratorios virtuales de química para la formación en competencias del área
de estudiantes de básica secundaria y media**

Oscar Alonso Hernández Ortiz

Trabajo de grado de maestría presentado para optar al título de Magíster en Educación

Directora

Isabel Cristina Ángel Uribe, Doctora (PhD)

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Educación y Pedagogía

Maestría en Educación

Medellín, Antioquia, Colombia

2024

El contenido de este documento no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o en cualquiera otra universidad.

Dedicatoria

A mi familia, en especial a mis padres por todo el apoyo, el ejemplo de una vida dedicada a la academia y por impulsarme siempre a seguir adelante.

Agradecimientos

A la Universidad Pontificia Bolivariana y sus docentes de la Maestría en Educación, por contribuir a mi formación y darme herramientas para mejorar mi quehacer docente.

A mi asesora, Isabel Cristina Ángel Uribe, por su acompañamiento constante y paciencia infinita en este largo camino.

Tabla de contenido

Introducción	15
1. El problema de investigación	17
1.1. Planteamiento del problema	17
1.2. Pregunta problematizadora	21
1.3. Objetivos	21
1.3.1. Objetivo general.....	21
1.3.2. Objetivos específicos	21
1.4. El problema en el contexto de estudio	22
1.3. Justificación	24
2. Estado de la cuestión	27
2.1. Ámbito internacional	29
2.1.1. Uso de simuladores de laboratorios de química	29
2.1.2. Percepción de estudiantes y docentes sobre el uso de los simuladores.....	30
2.1.3. Capacitación docente para el uso de TIC en el laboratorio de química	32
2.2. Ámbito regional.....	33
2.2.1. Uso de simuladores de laboratorio de química	33
2.2.2. Percepciones de estudiantes y docentes sobre el uso de los simuladores	33
2.2.3. Capacitación docente para el uso de TIC en los laboratorios de química	33
2.3. Ámbito nacional	34
3. Marco conceptual	35
3.1. Integración de las TIC en el aula	35
3.2. Laboratorios de química virtuales.....	36
3.2.1 Clasificación de los laboratorios en ciencias naturales.....	37
3.2.2. Simuladores de laboratorios de química virtuales	38
3.3. Procesos de enseñanza y aprendizaje en la asignatura de química	40

3.3.1. Momentos de la práctica docente	40
3.3.2. Competencias en el área de ciencias naturales.....	41
3.3.3. Estrategias didácticas para la enseñanza de la química	42
4. Diseño metodológico	44
4.1. Población y muestra.....	45
4.2. Categorías.....	49
4.3. Técnicas e instrumentos	51
4.3.1. Aplicación de instrumentos	52
4.3.2. Validación de los instrumentos.....	52
5. Resultados	54
5.1. Caracterización de los simuladores de laboratorio de química.....	54
5.2. Usos de los laboratorios virtuales en las prácticas docentes.....	60
5.3. Estrategias didácticas para la formación en competencias del área	66
6. Conclusiones.....	76
6.1. Conclusiones sobre las características de los laboratorios virtuales de química	76
6.2. Conclusiones sobre los usos de los laboratorios virtuales de química en las prácticas docentes	77
6.3. Conclusiones sobre las estrategias didácticas para la formación en competencias de química	78
Recomendaciones	80
Referencias.....	83
Anexos	94
Anexo 1. Ítems de la matriz de observación	94
Anexo 2. Cuestionario de la encuesta.....	98
Anexo 3. Guía de la entrevista	110

Listado de tablas

Tabla 1. Edades y niveles en la estructura del sistema educativo para algunos países de Latinoamérica.....	22
Tabla 2. Clasificación de los antecedentes investigativos por origen y tendencias	28
Tabla 3. Niveles en la integración de TIC en el aula.....	36
Tabla 4. Clasificación de laboratorios en ciencias naturales.....	37
Tabla 5. Clasificación de los laboratorios virtuales de química	39
Tabla 6. Definición de las competencias científicas en la integración de laboratorios virtuales de química.....	42
Tabla 7. Estrategias didácticas usadas en los laboratorios virtuales	43
Tabla 8. Simuladores de laboratorios de química seleccionados o descartados para la muestra ...	46
Tabla 9. Competencias procedimentales que los docentes forman con el uso de los laboratorios virtuales.....	72
Tabla 10. Competencias epistemológicas que los docentes forman con el uso de laboratorios virtuales.....	73
Tabla 11. Competencias comunicativas que los docentes forman con el uso de laboratorios virtuales	74
Tabla 12. Competencias tecnológicas digitales que los docentes forman con el uso de laboratorios virtuales.....	74

Listado de figuras

Figura 1. Países donde ejercen la docencia	48
Figura 2. Tiempo en el que han ejercido la docencia de la química	48
Figura 3. Grados en los que han usado laboratorios virtuales de química.....	49
Figura 4. Simuladores de laboratorios de química que han usado los docentes	49
Figura 5. Temáticas que permiten trabajar los simuladores de laboratorio de química.....	54
Figura 6. Porcentaje de laboratorios virtuales que ofrecen prácticas por cada grado.....	55
Figura 7. Clasificación de los simuladores de química según su carácter metodológico	56
Figura 8. Distribución de los laboratorios en función del grado de representación de la realidad de los instrumentos en los simuladores.....	57
Figura 9. Distribución de los laboratorios según el grado de realismo en la representación de los ambientes de simulación	57
Figura 10. <i>Distribución de los laboratorios según el nivel de acceso a recursos y contenidos externos</i>	58
Figura 11. Distribución de los laboratorios según el nivel de posibilidades para la evaluación y la retroalimentación	59
Figura 12. Distribución de los simuladores según los tipos de prácticas en las cuales se pueden integrar.....	59
Figura 13. Temáticas para las que los docentes han integrado laboratorios virtuales de química..	60
Figura 14. Distribución de docentes según su motivación para integrar los laboratorios virtuales de química.....	61
Figura 15. Distribución de docentes según el nivel de usabilidad que encuentran en los laboratorios virtuales.....	61
Figura 16. Momento de la práctica en los que los docentes integran los laboratorios virtuales.....	62
Figura 17. Distribución de docentes según el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje planteados con la integración de los laboratorios virtuales de química	63
Figura 18. Inconvenientes encontrados en la integración de los laboratorios virtuales de química	65
Figura 19. Distribución de los docentes según las ventajas que encuentran en la integración de laboratorios virtuales de química.....	66
Figura 20. Distribución de los docentes según las estrategias didácticas usadas para la integración de laboratorios virtuales de química.....	67

Figura 21. Distribución de docentes según las competencias científicas en las que se puede formar con la integración de los laboratorios virtuales de química	68
Figura 22. Distribución de docentes según las acciones y actividades que se pueden desarrollar con los laboratorios virtuales para formar la competencia de Explicar fenómenos científicamente	69
Figura 23. Distribución de docentes según las acciones y actividades que se pueden desarrollar con los laboratorios virtuales para formar la competencia de Interpretar datos y pruebas científicamente	70
Figura 24. Distribución de docentes según las acciones y actividades que se pueden desarrollar con los laboratorios virtuales para formar la competencia de Evaluar y diseñar la investigación científica	71

Resumen

Las prácticas de laboratorio de química representan un factor clave para la formación en competencias de los estudiantes de educación básica secundaria y media. Dichas prácticas, en su modalidad virtual, se han realizado, entre otras razones, por seguridad de los estudiantes, la posibilidad de repetición de los ejercicios, para ampliar las posibilidades didácticas, por ejemplo, de la educación remota. Para comprender lo anterior, y con base en los objetivos de esta investigación, se analizan las características de los laboratorios virtuales, disponibles y gratuitos para el trabajo en el aula, sus usos en la práctica docente y las estrategias didácticas con que han sido utilizados para la formación en las distintas competencias.

En el estado de la cuestión se consideraron estudios relacionados con la integración de los laboratorios virtuales en un único grado y mediante el uso de un solo simulador, las percepciones de estudiantes y docentes sobre el uso de las herramientas, y la capacitación de los docentes para el uso de las tecnologías de información y comunicación en los laboratorios de química. Consecuentemente, en el marco conceptual se hace una revisión de conceptos como la integración de las tecnologías de información y comunicación en el aula, los laboratorios virtuales, entre los cuales se distinguen y clasifican los simuladores de educación y laboratorios virtuales de química y las estrategias didácticas que se usan para su integración; también, se conceptualizan los procesos de enseñanza y aprendizaje en la asignatura de química, los momentos de la práctica docente en los que se pueden usar laboratorios virtuales y las competencias en las que se puede formar a los estudiantes.

En términos metodológicos, esta investigación se realiza desde un enfoque de métodos mixtos, con una orientación predominantemente cuantitativa, mediante la cual se analizan las características de 13 laboratorios virtuales de química a partir de la aplicación de una matriz de observación. Así mismo, se estudian las prácticas y estrategias didácticas de nueve docentes de química, de distintos países, que usan laboratorios virtuales para la formación en competencias de la asignatura de química en los niveles de básica secundaria y media, esto a través de la aplicación de una encuesta y una entrevista.

En los resultados se evidencia que más del 50 % de los laboratorios virtuales tienen un alto grado de realismo, determinado en función de su nivel de interactividad y de la representación de instrumentos y procesos llevados a cabo en los distintos momentos de la práctica docente: planeación, ejecución y evaluación. Se identifica que en los últimos dos, se encuentra una mayor

utilidad. Además, que los docentes los reconocen como una gran herramienta para complementar las prácticas y contrarrestar las dificultades presentadas en los laboratorios presenciales, a fin de mejorar los procesos de aprendizaje de los estudiantes.

Los laboratorios virtuales de química favorecen la formación de competencias procedimentales, epistemológicas, comunicativas y tecnológicas por medio de estrategias didácticas que permiten el aprendizaje autónomo y la toma de decisiones para dar respuesta a un problema planteado. De estas, se destacan como las más relevantes utilizar procedimientos y lenguajes propios de las ciencias, así como elaborar argumentos para proponer soluciones a problemas planteados y el dominio creativo y eficaz de las TIC. Estas competencias responden a la generación del conocimiento científico y dejan en un lugar menos relevante a las relacionadas con el desarrollo de procedimientos y el manejo de los instrumentos y objetos, lo que resulta congruente con el objetivo de la práctica en química.

Palabras clave: competencias, conocimiento científico, estrategias didácticas, laboratorios virtuales de química, TIC en educación.

Abstract

Chemical laboratory practices represent a key factor in competencies development for students in elementary and secondary education. Such practices have been proposed based on reasons like the safety of the students, the possibility of repetition of the exercises and to expand the didactic possibilities, for example, of remote learning. Consequently, based on the objectives of this research, we analyze the characteristics of the virtual laboratories, available and free for classroom work, also their uses in teaching practice and the teaching strategies used for educating in the different competencies.

The state of art includes research related to the integration of virtual laboratories in a single degree and using a single simulator, also the perceptions of students and teachers on the use of the tools, and the training of teachers for the application of information and communication technologies in chemical laboratories. Therefore, the conceptual framework reviews concepts such as the integration of information and communication technologies in the classroom, virtual chemistry laboratories, emphasizing on those classified as educational simulators and the teaching strategies used for their integration. Besides, it is conceptualized the processes of teaching and learning in the chemistry subject, that means the moments of education practice in which virtual laboratories can be used in order to develop students' competencies.

Regarding the methodology, this research is carried out from a mixed methods approach, with a predominantly quantitative orientation, through which the characteristics of 13 virtual chemistry laboratories are analyzed using an observation matrix. In the same way, the teaching practices, and strategies of nine chemistry teachers from different countries, who use virtual laboratories for competencies teaching at the secondary and high school levels, are studied through the application of a survey and an interview.

The results show that more than 50% of virtual laboratories exhibit a high degree of realism, determined by their level of interactivity and the representation of instruments and processes involved in the practices. Additionally, teachers recognize them as a great tool to complement practical work and counteract difficulties encountered in traditional laboratories, aiming to enhance the learning processes of students, especially during the execution and moments of practice.

Virtual chemistry laboratories promote the development of procedural, epistemological, communicative, and technological competencies through didactic strategies that enable

autonomous learning and decision-making to address a proposed problem. Among these, the most relevant competencies highlighted include the use of science procedures and languages, the ability to formulate arguments to propose solutions to presented problems, and the creative and effective mastery of information and communication technologies (ICT). These competencies align with the generation of scientific knowledge, placing less emphasis on those related to the development of procedures and the handling of instruments and objects, which is consistent with the objective of chemistry practice.

Key words: competencies, scientific knowledge, didactic strategies, virtual chemistry laboratories, information and communications technologies (ICT).

Introducción

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han incursionado en la mayoría de los ámbitos de la vida. La educación no ha sido ajena a este fenómeno, incluso para trabajos prácticos que se concebían únicamente desde lo presencial. Este es el caso de los laboratorios virtuales de química, que tienen, cada día, una mejor acogida en las clases, los currículos y la programación de actividades del área. Dificultades como la falta de recursos e infraestructura, los riesgos de seguridad, o las relacionadas con el tiempo que implica el desarrollo de las prácticas, han hecho que los mencionados laboratorios cada vez tomen más fuerza y se usen con mayor frecuencia por parte de los docentes.

En los países latinoamericanos, resultan importantes, como parte del estudio de las ciencias naturales, la indagación, la investigación científica, las TIC y, sobre todo, la relación entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (Zompero *et al.*, 2022). Lo anterior es congruente con lo que se busca en procesos de estandarización a nivel internacional, por ejemplo, con evaluaciones como las pruebas PISA, en las cuales, en el área de las ciencias naturales, se pretende que el estudiante diseñe la investigación científica y pueda explicar fenómenos a partir del estudio de estos (OCDE, 2017). Por lo tanto, los laboratorios virtuales de química se convierten en una herramienta clave para la generación de las competencias descritas, ya que, con la interacción, el trabajo colaborativo (que en ocasiones puede ser a distancia) y la creatividad, se pretende dar solución a los problemas planteados, mediante la investigación y la comunicación de resultados, a partir del uso de la tecnología (Unesco, 2000).

En el ámbito internacional, se ha trabajado fuertemente en la integración de los laboratorios virtuales de química, el trabajo colaborativo de los docentes para el desarrollo de estos (De Jong *et al.*, 2021) y el estudio de las ventajas y desventajas que esto representa para el desarrollo de las clases (Amendola *et al.*, 2020; Chan *et al.*, 2021; DeCoito & Estaiteyeh, 2022; Iyamuremyeet *et al.*, 2021). Sin embargo, en la región latinoamericana ha sido menor el volumen de investigaciones dedicadas a este fenómeno, y se encuentra que aún gran parte de las clases de química se realizan obviando el componente práctico, y, a pesar del trabajo a distancia obligado por cuenta de la COVID-19, los laboratorios virtuales no han cobrado la importancia que se espera, a pesar de que el número de herramientas disponibles y gratuitas está en aumento.

Investigaciones como las de Achuthan *et al.* (2018), Amendola *et al.* (2020), Kumala *et al.* (2019) y Simó *et al.* (2017) se enfocan, entre otros, en estudiar las percepciones de los estudiantes

respecto al uso de los simuladores, y de los docentes como guías de este proceso; así mismo, en comparar los laboratorios virtuales con los presenciales; como resultado, se encontró una mejora de la formación en competencias y aprendizaje de quienes usan los virtuales. No obstante, se han encontrado también dificultades como la falta de capacitación tanto de estudiantes como de docentes y la necesidad de una caracterización de los simuladores, que facilite la integración al aula y el alcance de los objetivos de aprendizaje (Tsybulsky & Levin, 2019).

Por todo lo anterior, caracterizar los laboratorios virtuales de química que se encuentran disponibles es el primer paso para impulsar la integración de estos al aula, ya que le facilita al docente la selección del simulador más apropiado para cada objetivo de aprendizaje que se plantee. Además, identificar las estrategias en las que los docentes han incursionado para sus usos en el aula ayuda a encontrar la forma como estos pueden integrar los laboratorios para aprovechar las ventajas que ofrecen y buscar la forma de contrarrestar las desventajas que se han identificado, con el propósito de lograr la formación efectiva en las diferentes competencias del área.

1. El problema de investigación

El problema que se identifica se relaciona con los laboratorios virtuales de química y la importancia de estos en la generación de las competencias científicas en los estudiantes. A continuación, se presentan las ventajas que tienen los laboratorios de química virtuales con respecto a los laboratorios físicos o presenciales, las dificultades que se encuentran a la hora de su implementación, la falta de información sobre los simuladores que se encuentran disponibles y sus características. Además, se presenta el contexto educativo de los estudiantes en el rango de edades que abarca la educación básica secundaria y media, en la región de Latinoamérica, y los retos que se presentan desde la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), por medio de las pruebas del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE (PISA) para el área de ciencias.

1.1. Planteamiento del problema

Las prácticas de laboratorio en la asignatura de química, en los grados de básica secundaria y media, se encuentran con limitaciones como la falta de recursos, infraestructura deficiente, tiempo de los procedimientos y seguridad en los laboratorios (Cely, 2018; Escobar & García, 2019; Tisoglu *et al.*, 2021; Verastegui, 2021). Aunado a esto, durante la pandemia ocasionada por la covid-19, docentes y estudiantes tuvieron que migrar a la educación en ambientes virtuales, lo cual dificultaba aún más el acceso a los laboratorios físicos (Nsabayezu *et al.*, 2020). En consecuencia, estos individuos se enfrentan a simuladores para llevar cabo las prácticas de laboratorio de manera virtual, en ocasiones sin capacitación previa o acompañamiento que ayude a su integración en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Farré, 2020).

Así mismo, la realización de prácticas de laboratorio implica una inversión permanente en reactivos, material de laboratorio, servicios públicos, material de seguridad y limpieza (Escobar & García, 2019), que no es sostenible para los centros educativos, sobre todo en las instituciones públicas, si se tiene en cuenta el número de estudiantes en cada uno de los cursos. Por lo tanto, se limita la realización de los laboratorios y se desconecta a los estudiantes de la práctica, indispensable para las ciencias naturales en general (Efstathiou *et al.*, 2018) y especialmente para la química ya que estudia la transformación de la materia y es necesario observar la forma en la que ocurren estos procesos para lograr su aprendizaje (Tisoglu *et al.*, 2021).

Igualmente, el tiempo de ejecución de las prácticas de laboratorio constituye un problema, ya que las horas de clase semanales que se dedican a la práctica son pocas en comparación con la gran cantidad de actividades que se requiere realizar (Tisoglu *et al.*, 2021; Verastegui, 2021). Por otra parte, trabajar

contra el tiempo, en un laboratorio de química, acarrea problemas en cuanto a la validez de los resultados y a la seguridad de estudiantes y docentes (Tisoglu *et al.*, 2021). Además, el poco tiempo disponible en el laboratorio restringe la posibilidad de la repetición y el cambio de variables durante las prácticas, así como el espacio necesario para explicar la práctica, preparar el material, disponer los residuos adecuadamente y realizar una limpieza final de la zona de trabajo (Escobar & García, 2019).

Por otra parte, el uso de los laboratorios de química, sobre todo de aquellos que no cuentan con la infraestructura adecuada, representa siempre un riesgo para la seguridad de los estudiantes y docentes que participan de las prácticas (Escobar & García, 2019), ya que estar en contacto con reactivos inflamables, explosivos o corrosivos, igual que las reacciones secundarias que se presentan en las prácticas, aumentan el riesgo de lesiones en la piel o las vías respiratorias e incluso pérdida de conciencia de las personas (Cely, 2018).

Debe tenerse en cuenta también que la pandemia originada por el virus SARS-CoV-2, durante gran parte de los años 2020 y 2021, hizo que los estudiantes y docentes perdieran el contacto con los laboratorios físicos, debido a la imposibilidad de asistir a las instituciones educativas (Radhamani *et al.*, 2021; Santiago & Pulido-Melián, 2020). Dada esta situación, surgieron múltiples alternativas para llevar a cabo las prácticas de laboratorio de química de manera remota, entre ellas: las prácticas en casa, la visualización de videos y el trabajo con laboratorios de química virtuales (Papadimitropoulos *et al.*, 2021). Sin embargo, estas alternativas implicaron problemas específicos, principalmente, la preparación de estudiantes y docentes para esa nueva realidad que dificultó el trabajo remoto (Farré, 2020).

En tal sentido, las prácticas de laboratorio remotas, en las que el estudiante trabaja en su propia casa, generan problemas como la poca disponibilidad de material y reactivos, la baja seguridad que esto representa para los estudiantes, la falta de acompañamiento físico de los docentes, la carencia de autonomía del estudiante en las prácticas por la interferencia familiar, entre otros (Santiago & Pulido-Melián, 2020). Por otra parte, la visualización de videos no permite que el estudiante interactúe físicamente con el fenómeno que está estudiando, lo cual es parte importante en la generación de competencias propias de las ciencias y de la asignatura de química específicamente (Efsthathiou *et al.*, 2018).

Es así como, debido a la pandemia de la covid-19, la educación sufrió una integración acelerada de las tecnologías de información y comunicaciones (TIC), como no se había visto antes en los procesos educativos (Radhamani *et al.*, 2021); herramientas, plataformas, aplicaciones, simuladores, videoconferencias, foros, chats, etc., llegaron para apoyar la enseñanza y el aprendizaje en la educación

básica secundaria y media. De igual manera, los laboratorios de química no fueron ajenos a este fenómeno, para los cuales se crearon y utilizaron considerables recursos y herramientas virtuales a los que accedieron estudiantes y docentes, la mayoría sin preparación previa (Ripoll *et al.*, 2021; Sánchez, 2002).

Debido a lo anterior, los estudiantes se vieron inmersos en un mundo de simuladores de laboratorios de química, que en ocasiones estaban descontextualizados en relación con su entorno y las temáticas, ya que el uso de las TIC en el aula no “[...] implica *per se* una mejora de los procesos de enseñanza” (Simó *et al.*, 2017, p. 692). A pesar de que la juventud se considera nativa digital (Prensky, 2001), entrar en contacto con las herramientas, sin ningún tipo de instrucción, reflexión o capacitación, impide que los estudiantes les saquen mayor provecho y que la práctica de laboratorio se vea solapada por la novedad del uso de la tecnología. De acuerdo con lo anterior, se hace indispensable el acompañamiento docente, así como ocurre en las prácticas presenciales (Copriady *et al.*, 2021).

Sin embargo, el docente de química se encuentra con inconvenientes administrativos, didácticos, pedagógicos y tecnológicos a la hora de llevar a cabo este componente práctico (Sánchez, 2002; Soto *et al.*, 2015). En primer lugar, están el acceso y la conectividad, la adquisición, la actualización y el mantenimiento de los recursos, que en gran medida es responsabilidad de las instituciones educativas (Sánchez, 2002). Además, no basta con tener a disposición las TIC; es necesario motivar al estudiante y generar una cultura de buen uso, un acompañamiento de expertos en lo tecnológico, disciplinar y pedagógico, que asegure el cumplimiento de los objetivos de la clase y permita realizar una evaluación de los procesos para mejoras futuras (Soto *et al.*, 2015).

Como se puede apreciar, el problema no es solo de incorporación de las TIC, sino de integración, es decir, no se trata únicamente de aprender a usar la herramienta o encontrar los simuladores correctos para el trabajo con cada temática; es importante que se pueda lograr el objetivo de aprendizaje y que esté relacionado con la generación de competencias científicas, comunicativas y tecnológicas (Fogarty, 1991; Soto *et al.*, 2015). También sucede que el uso de TIC en las clases se hace, en ocasiones, sin tener en cuenta el contexto de los estudiantes o la institución, lo que genera que se pierda la conexión entre la teoría y la práctica para resolver problemas o casos planteados (Soto *et al.*, 2015).

Todo lo anterior es inconveniente, ya que hay gran diversidad en las competencias que se quieren generar en el estudiante mediante las ciencias naturales, y algunas de ellas se logran en el momento de conectar la teoría con la práctica, que se obtiene mediante los laboratorios (Efstathiou *et al.*, 2018; Piassentini & Ocelli, 2012). La modalidad virtual permite la generación de competencias en investigación, comunicativas y en tecnologías digitales, pero, según el tipo de simulador seleccionado, se queda corto en

ocasiones en la generación de competencias procedimentales, debido al diseño de los ambientes de simulación (Piassentini & Occeili, 2012).

Por otra parte, usar TIC en la educación, tanto por estudiantes como por docentes, requiere de algún grado de alfabetización digital, competencia con la que la mayoría de los estudiantes y docentes no cuentan (Cárdenas *et al.*, 2021). Además, encontrar y acceder a los simuladores de laboratorios de química virtuales ha sido un reto por cuanto los recursos no se encuentran clasificados y ordenados en un solo lugar para facilitar su incorporación; por el contrario, la mayoría de los simuladores se enfocan en una sola temática o nivel educativo. De este modo, algunas investigaciones (Achuthan *et al.*, 2018; Bejarano & León, 2011; Jagodziński & Wolski, 2015; Leite & Leite, 2013; Llorente & Pacheco, 2021; Papadimitropoulos *et al.*, 2021; Rodríguez-Rivero *et al.*, 2014) están enfocadas en una herramienta específica, para un solo grado, nivel educativo o temática individual, lo que no ha permitido que los docentes y los estudiantes tengan un solo lugar donde ubicar los recursos disponibles, por lo cual la búsqueda es un poco más dificultosa por tener que buscar un recurso distinto cada vez que cambian de temática o se enfrentan a un grado diferente.

Otras investigaciones se enfocan en conocer la experiencia vivida por los estudiantes y los docentes luego del uso de los simuladores en comparación con el trabajo presencial. Aspectos como la motivación, el aprendizaje de ciertas temáticas, la generación de algunas competencias, entre otros, son el foco de estos trabajos (Alsalhi *et al.*, 2019; Barak, 2007; Calderón *et al.*, 2016; Cárdenas *et al.*, 2021; Donnelly *et al.*, 2011; Furberg, 2016; Kolil *et al.*, 2020; Radhamani *et al.*, 2021; Rutten *et al.*, 2012; Tisoglu *et al.*, 2021; Vera *et al.*, 2015). Sin embargo, durante el estudio de la experiencia de estudiantes y docentes, no hay una descripción de los simuladores utilizados en cuanto a sus características o sus facilidades.

Finalmente, el estudio de la experiencia de estudiantes, pero, sobre todo, por los docentes, en el momento de la integración de los simuladores de laboratorios de química, es importante ya que el docente no está presente físicamente durante la práctica, no observa todo el tiempo el proceso que se realiza, sino que sirve de guía en la inmersión en la plataforma virtual (Cárdenas *et al.*, 2021). Por lo tanto, el docente necesita estar plenamente capacitado en la herramienta que se va a usar y de esta manera poder asesorar al estudiante en los inconvenientes o en el análisis de los resultados (Copriady *et al.*, 2021; Maslennikova *et al.*, 2020). Para los profesores, seleccionar las herramientas y usarlas se convierte en factor importante dentro de su formación profesional (Fernandes *et al.*, 2020). Dominar este tipo de conocimiento tecnológico va a permitir que los docentes adquieran las competencias TIC necesarias para aportar a un sistema educativo que forme al estudiante de manera integral (Arévalo *et al.*, 2019). A continuación, se

expone la pregunta problematizadora y los objetivos de esta investigación.

1.2. Pregunta problematizadora

Para dar solución a la problemática planteada, se establece la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los procesos de integración de los laboratorios virtuales de química propuestos para formar en las competencias de la asignatura a estudiantes de básica secundaria y media?

Se establecen a continuación algunas preguntas de investigación que guían el planteamiento de los objetivos específicos:

- ¿Cómo se clasifican los simuladores de los laboratorios virtuales de química?
- ¿De qué manera usan los docentes de química los simuladores de laboratorios de química en los momentos de la práctica docente en los grados de básica secundaria y media?
- ¿Con cuáles estrategias didácticas los docentes realizan la integración de los laboratorios virtuales de química en el aula para la formación en competencias del área?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Reconocer los procesos de integración de laboratorios virtuales de química para la formación en competencias del área de estudiantes de básica secundaria y media.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los laboratorios virtuales de química que se integran en los procesos de formación en los niveles de básica secundaria y media.
- Identificar los usos de los laboratorios virtuales en la práctica docente para la formación en química en los niveles de básica secundaria y media.
- Identificar las estrategias didácticas que usan los docentes de química en la integración de los laboratorios virtuales para la formación en competencias de la asignatura en los niveles de básica secundaria y media.

1.4. El problema en el contexto de estudio

En algunos países de Latinoamérica, los conceptos de química están inmersos en el currículo de ciencias naturales en los grados de educación básica secundaria y media (OCDE, 2017; Zompero *et al.*, 2022) y se relacionan principalmente con la composición y transformación de la materia. Por lo anterior, resultan importantes los laboratorios de química dentro del currículo de los cursos de química, ya que permiten la interacción con el mundo real y la explicación de los fenómenos observados en su entorno (Efstathiou *et al.*, 2018).

Así mismo, los procesos formativos están divididos en niveles que responden a grupos de edades de los estudiantes y las competencias específicas que se quieren alcanzar en cada uno de ellos. En la Tabla 1 se presentan los niveles para algunos de los países de Latinoamérica.

Tabla 1.

Edades y niveles en la estructura del sistema educativo para algunos países de Latinoamérica

País	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Brasil	Educación infantil (0 a 5 años)	Enseñanza fundamental – etapa de años iniciales (6 a 10 años)	Enseñanza fundamental – etapa de años finales (11 a 14 años)	Enseñanza media (15 a 17 años)
Chile	Educación parvularia (0 a 5 años)	Educación básica (6 a 11 años)	Educación media regular – formación general (12 a 15 años)	Educación media regular – formación diferenciada (16 a 17 años)
Colombia	Educación preescolar (4 a 5 años)	Educación básica primaria (6 a 10 años)	Educación secundaria (11 a 14 años)	Educación media (15 a 17 años)
Perú	Educación inicial (0 a 5 años)	Educación primaria (6 a 12 años)	Nivel de educación secundaria (13 a 17 años)	

Nota: elaboración propia a partir de Ley General de Educación (2003); Ley General de Educación (2009); Zompero *et al.* (2022).

Los estudiantes en edades entre 11 y 17 años pertenecen a los niveles de secundaria y media, que tiene como objetivo ofrecerles formación científica, humanista técnica, orientada a generarles competencias que les permitan acceder a distintos conocimientos por medio del refuerzo de habilidades y actitudes para que puedan ejercer una ciudadanía activa e integrarse correctamente a la sociedad (Zompero *et al.*, 2022). Además, según lo descrito por Alsahi *et al.* (2019), son estudiantes que se

encuentran en la tercera etapa de la clasificación de Piaget, en la cual se da la evolución cognitiva y se prepara para la siguiente etapa, que es más operacional, de la que se encarga la educación superior. Por tanto, los estudiantes que hacen parte de estos grados requieren de una práctica constante que les permita apropiarse de los conceptos entregados en las clases teóricas, con todos los procesos realizados en el laboratorio, y por esto resulta importante el papel del docente, como encargado directo de diseñar y guiar estos procesos.

Por consiguiente, lo que se pretende promover en estos niveles de educación básica secundaria y media, en los diferentes países de la región, está vinculado con la naturaleza de las ciencias, la indagación, la investigación científica, las TIC y la relación entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (Zompero *et al.*, 2022). Además, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), mediante su Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA por sus siglas en inglés), define tres capacidades principales para la generación de competencias científicas: explicar fenómenos científicamente, interpretar datos y pruebas científicamente y evaluar y diseñar la investigación científica (OCDE, 2017), lo cual se da mediante la práctica en la asignatura de química y el uso de laboratorios.

En consecuencia, los docentes de ciencias en Latinoamérica orientan sus contenidos y diseños curriculares según lo estipulado en cada país por el ente encargado de definir los criterios para la educación. Sin embargo, algunos organismos internacionales establecen unas competencias genéricas, en las que los docentes se forman, para cumplir unos estándares básicos que serán evaluados mediante pruebas estandarizadas. Para el área de ciencias, el docente se basa, según OCDE (2017), en tres tipos de contenidos: el del conocimiento, el procedimental y el epistémico. Con este propósito, los docentes de la región se valen de herramientas, por ejemplo, los laboratorios, para reforzar los conceptos, las prácticas básicas para la investigación empírica y la relación de las ciencias con la formulación de preguntas, hipótesis, teorías y argumentos.

En la búsqueda de la formación en este tipo de contenidos y la generación de las competencias científicas descritas, se tienen en cuenta criterios como: que sean relevantes para la vida real, que el concepto o teoría tenga una utilidad duradera y finalmente que sea apropiada al nivel de formación en edades de básica secundaria y media (OCDE, 2017). Lo descrito anteriormente se ha convertido en una meta clara para los sectores educativos de cada país, donde se encuentran resultados bajos en las pruebas PISA. Es de tener en cuenta que son 79 los países pertenecientes a la OCDE que participan en estas pruebas; entre ellos se encuentran varios de Asia, Europa, África y América Latina, como Chile, Colombia, Argentina, Brasil, Perú y Ecuador (OCDE, 2019).

Dentro de este marco, la última aplicación de las pruebas PISA fue en el año 2018, en la que Colombia obtuvo resultados en ciencias de 413 puntos, en tanto que Perú logró 404, Chile 444, Argentina 404, Uruguay 426 y Brasil 404, todos por debajo del promedio que fue de 489 (OCDE, 2019). Lo anterior permite identificar los retos que tiene la educación científica en la región. Además, la OCDE (2019) informa que el 50 % de los estudiantes colombianos, 45 % de los brasileros, 47 % de los argentinos, 56 % de los uruguayos, 46 % de los peruanos y 65 % de los chilenos alcanzaron un nivel 2 en ciencias (el máximo nivel posible es 6), en el que los evaluados explican un fenómeno científicamente, siempre y cuando sea familiar para ellos, y pueden también usar el conocimiento adquirido para dar validez a las conclusiones dadas en un fenómeno de estudio. En este aspecto, en China, que lidera el listado, el 98 % de los estudiantes alcanzan este nivel, mientras que el promedio general de los estudiantes que lo alcanzan es del 78 % (OCDE, 2019).

Mientras tanto, una cifra menor del 1 % de estudiantes colombianos, argentinos y peruanos se ubicó entre los de mejor rendimiento, los cuales aplican su conocimiento de las ciencias a una amplia variedad de situaciones de manera creativa y autónoma, incluso en las que son poco familiares para ellos (OCDE, 2019). No obstante, el panorama para los demás países de la región latinoamericana no ha sido diferente, por cuanto en Chile, Uruguay y Brasil esta proporción es apenas del 1 %, que es baja en comparación con el promedio global del 7 % y el 32 % para China, que nuevamente lidera el listado (OCDE, 2019).

1.3. Justificación

Si bien es cierto que los laboratorios físicos son indispensables para la generación de competencias típicas de la química, ya que permiten la descripción del mundo que nos rodea (Efstathiou *et al.*, 2018), la utilización de laboratorios virtuales de química soluciona parte de los problemas de los laboratorios físicos (Piassentini & Occelli, 2012; Tisoglu *et al.*, 2021). De acuerdo con lo anterior, la financiación, infraestructura, seguridad y tiempo de los laboratorios, así como la imposibilidad del acceso a un laboratorio físico, se solucionan con unas prácticas virtuales, mediadas por herramientas, simuladores y aplicaciones (Escobar & García, 2019).

El problema de la infraestructura en los laboratorios de química se soluciona con los laboratorios virtuales, ya que se reemplaza el espacio físico, estantes, mesas, sillas, servicios públicos, etc., por un ambiente virtual, para el cual es necesario, entre otros aspectos, un computador o dispositivo inteligente con acceso a internet (Alsahhi *et al.*, 2019; Santiago & Pulido-Melián, 2020). De esta manera se resuelven problemas de desplazamiento y de accesibilidad que sufren los estudiantes en Colombia por falta de

recursos (Jiménez, 2014) y la imposibilidad de acceder a los laboratorios por causa de contingencias como las de la covid-19. Finalmente, los laboratorios virtuales permiten que se puedan repetir las prácticas, cambiar las variables, ensayar una posible práctica real y mantener la seguridad al trabajar desde su casa (Cárdenas *et al.*, 2021; Radhamani *et al.*, 2021).

Así mismo, los beneficios de los laboratorios de química virtuales ayudan a generar en el estudiante competencias comunicativas y tecnológicas (Santiago & Pulido-Melián, 2020) que favorecen cambios en los procesos de evaluación, en las estrategias metodológicas y en las actividades prácticas de los cursos de química. También, el trabajo con herramientas virtuales para laboratorios de química es llamativo para los estudiantes, ya que beneficia un interés innato que hace que el aprendizaje se logre más eficientemente y genere nuevos espacios diferentes al aula tradicional, e igualmente mejora la formación académica (Ospina, 2018).

En este sentido, el docente que quiera incursionar, o se vea obligado por las circunstancias, en el mundo de los laboratorios de química virtuales, se va a encontrar con una serie de herramientas y recursos disponibles para esta tarea, sin capacitación previa y sin información que le permita identificar para qué temáticas y en qué nivel educativo es útil.

En esta investigación se pretende caracterizar las herramientas disponibles y ofrecer a la comunidad educativa una base de datos con los recursos disponibles para aplicarlos a sus clases y, sobre todo, a las prácticas de laboratorio de química para los procesos formativos. Lo anterior debido a que, como lo mencionan Maslennikova *et al.* (2020), la tarea del docente ahora es seleccionar las herramientas basado en el currículo, la edad, las características del estudiante y su contexto, para de esta manera diseñar la mejor estrategia didáctica a fin de lograr generar las competencias del área en el estudiante.

Sin embargo, tener las herramientas disponibles no es suficiente si no se cuenta con unas competencias mínimas en TIC, con los equipos y la conectividad necesaria para este tipo de prácticas (Maslennikova *et al.*, 2020). Entonces, una vez que el docente y los estudiantes dispongan de los recursos técnicos, tecnológicos y físicos para la implementación de los laboratorios virtuales, se selecciona una estrategia didáctica que responda a los objetivos planteados para la temática, que forme en las competencias científicas, comunicativas y en tecnologías digitales requeridas para lograr una integración de los simuladores a los procesos formativos (Soto *et al.*, 2015).

Por lo anterior, es importante caracterizar los procesos de integración que llevan a cabo los docentes, así como las distintas estrategias didácticas usadas, que finalmente permiten la formación de

las diferentes competencias del área, que fomenta en los estudiantes la convicción de que la ciencia modifica profundamente la sociedad y los individuos, que los involucra como ciudadanos conscientes de los asuntos relacionados con esta, las transformaciones que se dan, gracias a los avances tecnológicos y científicos, sobre el medio ambiente y los recursos naturales (OCDE, 2006). Sin embargo, proponer una estrategia adecuada de integración o implementación de los laboratorios virtuales que sea global y útil para todos los docentes no está en el alcance de esta investigación ya que dependerá del contexto de cada uno, de los elementos del mismo, de los saberes de cada docente y las formas en las que se permita realizar la integración.

En definitiva, lograr estas competencias del área en los estudiantes no se logra únicamente al llevar los laboratorios al aula, o mediante una explicación de alguna de sus temáticas en los laboratorios virtuales, ya que es necesario identificar cuáles son los objetivos de aprendizaje que se trazan los docentes a la hora de programar la integración y cuáles son los recursos, didácticos y tecnológicos, que usan para lograr dicha integración, que a su vez genera las competencias esperadas en los estudiantes, importantes para medir el aprendizaje (Sánchez, 2002). Por lo anterior, es necesario caracterizar los procesos de integración de los laboratorios virtuales de química en el aula, así como establecer las estrategias didácticas y determinar los momentos de la práctica docente, en que se favorezcan el alcance de los objetivos de aprendizaje y la formación en las competencias del área.

2. Estado de la cuestión

La búsqueda de antecedentes investigativos relacionados con los laboratorios de química virtuales estuvo enfocada en los niveles de educación básica secundaria y media, aunque, por la similitud en temáticas, se revisaron algunas investigaciones en los primeros semestres de educación superior. De la mano de lo anterior, se encontró información relacionada con los diferentes simuladores de laboratorios virtuales de química, la percepción de los estudiantes y docentes y cómo estos ayudan al proceso formativo y la formación en competencias TIC. En cuanto a la percepción de los docentes, se encuentra recurrente la necesidad de una capacitación en TIC antes del uso de las herramientas y la selección de la estrategia didáctica que guíe la integración al aula.

Los referentes bibliográficos de estos antecedentes investigativos se ubicaron en las bases de datos de la Biblioteca de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín (UPB), como Springer, Science Direct y Taylor and Francis. Así mismo, en el repositorio institucional se revisaron los trabajos de grado de maestría y doctorado y utilizando Google Scholar se encontraron otros trabajos de Latinoamérica. Por último, en todas las búsquedas se usaron descriptores como *ICT chemistry labs*, *virtual chemistry labs* y *teachers chemistry labs*, y estos mismos en español para el repositorio institucional.

A continuación, los antecedentes investigativos se rastrearon con una ventana de observación de 5 años, entre 2018 y 2022, para garantizar información actualizada, y se organizaron en función de la localización geográfica de la publicación y las tendencias que se identifican. Después de este rastreo, se seleccionaron 49 fuentes y se clasificaron para el ámbito internacional (países fuera de Latinoamérica), el regional (países de Latinoamérica) y el nacional (investigaciones en Colombia), como se puede apreciar en la tabla 2.

Finalmente, se identificaron tres tendencias relacionadas con la utilización de simuladores de laboratorios de química, la respuesta de estudiantes y docentes ante el uso de estos y la capacitación docente para la integración de TIC al aula. A partir de esto, en la tabla 2 se presentan las fuentes seleccionadas y organizadas.

Tabla 2.

Clasificación de los antecedentes investigativos por origen y tendencias

Ámbito	Tendencias	Referentes	Origen
Internacional	Uso de simuladores de laboratorio de química	De Jong <i>et al.</i> (2021), De la Flor <i>et al.</i> (2020), Díaz-Sainz <i>et al.</i> (2021), Doerner & Horst (2022), Lamerás <i>et al.</i> (2021), Nechypurenko <i>et al.</i> (2019), Papadimitropoulos <i>et al.</i> (2021), Vergara <i>et al.</i> (2022)	61 % de Europa (Alemania, Ucrania, España, Portugal, Grecia, Reino Unido)
		Achuthan <i>et al.</i> (2018), Wijayanti & Ikhsan (2019)	15 % de Asia (India, Indonesia)
		Seifan <i>et al.</i> (2020)	8 % de Oceanía (Nueva Zelanda)
		Iyamuremye <i>et al.</i> (2021)	8 % de África (Ruanda)
		Hu-Au & Okita (2021)	8 % de Norteamérica (Estados Unidos)
	Percepción de estudiantes y docentes sobre el uso de los simuladores	Amendola <i>et al.</i> (2020), Chan <i>et al.</i> (2021), Efstathiou <i>et al.</i> (2018), Kefalis & Drigas (2019), Simó <i>et al.</i> (2017), Tsybulsky & Levin (2019)	35 % de Europa (Bélgica, Grecia, Italia, España, Holanda e Israel)
		Achuthan <i>et al.</i> (2018), Alsalhi <i>et al.</i> (2019), Copriady <i>et al.</i> (2021), Kumala <i>et al.</i> (2019), Radhamani <i>et al.</i> (2021)	29 % de Asia (Emiratos Árabes Unidos, India e Indonesia)
		Boer & Asino (2022), Igboanugo (2020), Nsabayezu <i>et al.</i> (2020), Iyamuremye <i>et al.</i> (2021)	24 % de África (Namibia, Ruanda y Nigeria)
		Seifan <i>et al.</i> (2020)	6 % de Oceanía (Nueva Zelanda)
		DeCoito & Estaiteyeh (2022)	6 % de Norteamérica (Canadá)
		Capacitación docente para la integración de TIC en laboratorios de química	Aktaş & Özmen (2021), Maslennikova <i>et al.</i> (2020), Fernandes <i>et al.</i> (2020)
	Ke <i>et al.</i> (2021)		25 % de Norteamérica (Estados Unidos)

Ámbito	Tendencias	Referentes	Origen
Regional	Uso de simuladores de laboratorio de química	Arroba & Acurio (2022), Farré (2020), da Silva & de Vasconcelos (2022)	Ecuador, Argentina y Brasil
	Percepción de estudiantes y docentes sobre el uso de los simuladores	Arroba & Acurio (2021), Farré (2020), García <i>et al.</i> (2021)	Venezuela, Ecuador y Argentina
	Capacitación docente para la integración de TIC en laboratorios de química	Alustiza <i>et al.</i> (2018), Cárdenas <i>et al.</i> (2021), Farré (2020), Meza & Núñez (2018), Zúñiga-Meléndez <i>et al.</i> (2020)	Argentina, Uruguay, Brasil, Costa Rica y Cuba
Nacional	Uso de simuladores de laboratorio de química	Carmona (2020), Peñata <i>et al.</i> (2016)	Departamento de Antioquia
	Percepción de estudiantes y docentes sobre el uso de los simuladores	Martínez-Argüello <i>et al.</i> (2018), Ospina (2018)	Departamentos de Santander y Antioquia

Nota: elaboración propia a partir de los autores citados.

2.1. Ámbito internacional

En el ámbito internacional se encontraron tendencias relacionadas con el uso de simuladores de laboratorios en varios grados de básica secundaria y media, así como en los primeros años universitarios para el trabajo de las temáticas de química y con la respuesta de estudiantes y docentes ante el uso de los simuladores. Finalmente, se encuentran hallazgos en relación con la formación docente en el uso de los simuladores. A continuación, se hace una descripción de las investigaciones encontradas en este ámbito internacional.

2.1.1. Uso de simuladores de laboratorios de química

En cuanto al uso de simuladores de laboratorios de química, se encuentran investigaciones como las de De la Flor *et al.* (2020) y Lamerías *et al.* (2021), en las cuales, por medio del juego, se han mejorado las competencias científicas de los estudiantes con el uso de los simuladores de laboratorios de química. También, una serie de investigaciones que integran herramientas para complementar el trabajo de los simuladores y de ayuda para el trabajo en los laboratorios físicos; tal es el caso de los videos complementarios y herramientas para graficar, como los descritos en Farré (2020), el uso de programación para las prácticas (Papadimitropoulos *et al.*, 2021), equipos de realidad virtual para hacer más interactivas

las prácticas (Achuthan *et al.*, 2018; Doerner & Horst, 2022; Hu-Au & Okita, 2021; Nechypurenko *et al.*, 2019; Vergara *et al.*, 2022; Wijayanti & Ikhsan, 2019), entre otros.

Además, De Jong *et al.* (2021) presentan una plataforma para la creación de prácticas de laboratorio, mediante la cual obtienen una base de datos disponible para todos los docentes y estudiantes del mundo. Esta plataforma, denominada Go-lab, permite la búsqueda de prácticas de laboratorio propuestas por los demás docentes al filtrar por temáticas y niveles educativos. Así pues, en investigaciones como las de Seifan *et al.* (2020), los ambientes de aprendizaje han migrado completamente a la virtualidad y se establecen, mediante una serie de herramientas y simuladores, todas las actividades involucradas en la enseñanza de la química, como las clases, las prácticas de laboratorio, la simulación de procesos, entre otras.

En este mismo contexto, en algunos ambientes virtuales es posible llevar a cabo las estrategias didácticas como los estudios de caso y los proyectos interdisciplinarios; así lo presentan en su trabajo De la Flor *et al.* (2020), en el que los estudiantes resuelven retos para obtener algunos códigos que les permitan continuar con las misiones propuestas. Este tipo de actividades son llamativas para los estudiantes, ya que se trabajan mediante dispositivos móviles (Díaz-Sainz *et al.*, 2021), y ya no es necesario estar sentado frente a una pantalla, lo que abre la puerta a diversas posibilidades para formarse en las competencias necesarias en la asignatura de química.

Al respecto, en las investigaciones que presentan el uso de las herramientas descritas anteriormente, se destaca la interacción que hay entre docentes y estudiantes y entre los mismos docentes, que encuentran en este tipo de simuladores la forma de interactuar y comunicarse entre ellos, mejorar el quehacer docente, el trabajo colaborativo y la formación en competencias comunicativas (Díaz-Sainz *et al.*, 2021; Iyamuremye *et al.*, 2021). Sin embargo, en la mayoría de las investigaciones se evidencia la caracterización y estudio de un solo simulador de laboratorios y para un solo nivel educativo, lo que dificulta encontrar una base de datos, disponible para varios grados, en una sola investigación.

2.1.2. Percepción de estudiantes y docentes sobre el uso de los simuladores

El trabajo con laboratorios de química virtuales permite la formación de competencias de las ciencias naturales, pero también en el manejo de TIC que son beneficiosas tanto para estudiantes como para docentes. En el caso de los estudiantes, son muchas las investigaciones que han trabajado en lo que representa para ellos el manejo de este tipo de herramientas y las ventajas y desventajas que se presentan durante la integración y evaluación de los procesos allí realizados (Amendola *et al.*, 2020). Por el contrario,

para los docentes son pocos los estudios que se centran en las percepciones de estos una vez usan las herramientas (Nsabayezu *et al.*, 2020) y sobre todo en el acompañamiento que estos necesitan a la hora de seleccionarlas, integrarlas y guiar a los estudiantes en su inmersión.

En varias investigaciones (Achuthan *et al.*, 2018; Amendola *et al.*, 2020; Kumala *et al.*, 2019; Simó *et al.*, 2017) se ha logrado trabajar la integración de herramientas virtuales para la realización de laboratorios de química, en estudiantes de últimos grados de básica secundaria, media y primeros años de universidad, en varias asignaturas de química. Además, mediante test iniciales y finales (Igboanugo, 2020), cuestionarios (Efstathiou *et al.*, 2018; Seifan *et al.*, 2020), entrevistas (Copriady *et al.*, 2021) y análisis de resultados, se ha logrado evidenciar la mejora en las competencias científicas, comunicativas y TIC en los estudiantes sometidos a este tipo de simuladores de laboratorio.

Así mismo, en los resultados se ha encontrado una gran cantidad de ventajas, como son la mejora en la autoeficacia (DeCoito & Estaiteyeh, 2022; Kefalis & Drigas, 2019), relacionada con capacidad para el trabajo autónomo, el aprendizaje mixto (Alsalhi *et al.*, 2019), que permite complementar las clases presenciales con herramientas virtuales para uso en clase y en casa y que aporta a la mejora de procesos comunicativos (Iyamuremye *et al.*, 2021) como la escritura y la interacción con otros compañeros y docentes. Adicional a lo anterior, los estudiantes han encontrado en estos laboratorios virtuales de química una motivación mayor para participar de las actividades, debido al dinamismo que estas generan y a la novedad que representan para este tipo de procesos educativos (Chan *et al.*, 2021; Iyamuremye *et al.*, 2021).

No obstante, a pesar de la cantidad de ventajas que se han encontrado en la revisión de la literatura sobre simuladores de laboratorio de química, se han evidenciado también algunos inconvenientes que trae el uso de este tipo de herramientas. De esta manera, De Jong *et al.* (2021) describen, por ejemplo, la falta que hace la interacción con los laboratorios físicos para imprimirles realidad a los procesos realizados, ya que una de las bases fundamentales de las ciencias naturales es la interacción y explicación de los fenómenos que nos rodean. Al respecto, se sugiere que los laboratorios virtuales sirvan como ayuda o preparación para los laboratorios físicos. Además, una desventaja grande que se encuentra es que para el uso de este tipo de herramientas es indispensable una conexión a internet, lo cual es básico y de fácil acceso (Amendola *et al.*, 2020), pero que, en muchos colegios y hogares, estudiantes y docentes no cuentan con este recurso, lo cual se evidenció críticamente durante la pandemia generada por la covid-19 (Radhamani *et al.*, 2021).

En cuanto a los docentes, la información encontrada es poca, pero apunta a la misma conclusión: la falta de formación docente en TIC. En diversas investigaciones (Boer & Asino, 2022; Copriady *et al.*, 2021; Ospina, 2018; Tsybulsky & Levin, 2019) se ha trabajado sobre lo que representa para el docente el trabajo con TIC para la práctica con laboratorios de química, mediante entrevistas y cuestionarios para encontrar los puntos críticos que se presentan cuando va a implementar este tipo de herramientas (Copriady *et al.*, 2021). Estas investigaciones arrojan resultados importantes, como que la primera dificultad que encuentra el docente es la poca alfabetización digital, que le genera una gran barrera a la hora de buscar e interactuar con los simuladores de laboratorios de química y la dificultad de encontrar los recursos que le resulten útiles en la temática o curso en el que quiera integrarlos (Tsybulsky & Levin, 2019).

2.1.3. Capacitación docente para el uso de TIC en el laboratorio de química

Se han encontrado investigaciones que hacen una mirada a la formación de los docentes y encuentran la necesidad de darles herramientas para poder integrar las TIC en la enseñanza de la química en las diferentes fases de la práctica docente. En Turquía, los profesores en formación para enseñar ciencias naturales participan de cursos de entrenamiento que incluyen la formación en competencias TIC, que cuentan con la evaluación y participación de algunos estudiantes (Aktaş & Özmen, 2021). También, en Estados Unidos se encuentra una investigación enfocada en la capacitación docente en realidad virtual que les permita generar competencias para recrear las clases en un ambiente virtual, con la interacción con los estudiantes y demás actividades que hacen parte de una clase regular (Ke *et al.*, 2021).

Existen algunos acercamientos a la formación docente encaminada al uso de TIC en la enseñanza de la química y a metodologías que permiten evaluar estos procesos y los resultados que se obtienen al integrarlas a las clases. Por ejemplo, en Fernandes *et al.* (2020) se ha encontrado que la formación docente encaminada a la integración de laboratorios virtuales de química se centra primero en formar al docente en conocimiento tecnológico, lo que se ha llamado en este trabajo alfabetización digital. Luego, en trabajar en el conocimiento pedagógico para poder acercar al estudiante de manera correcta al manejo de este tipo de herramientas. Finalmente, se enfatiza en la formación en el contenido, no solo de las temáticas sino del manejo de las herramientas específicas para los laboratorios de química virtuales. Todo lo anterior, junto con una evaluación durante todo el proceso, que permita determinar las competencias adquiridas por el docente, viabiliza una formación útil para el trabajo de laboratorios virtuales de química (Maslennikova *et al.*, 2020).

2.2. Ámbito regional

En el ámbito regional los hallazgos se encuentran relacionados con la integración de laboratorios virtuales de química al aula, en los grados de básica secundaria y media, pero enfocado en las percepciones de estudiantes y docentes ante el uso de los simuladores y se destaca la importancia de la capacitación previa y la formación docente.

2.2.1. Uso de simuladores de laboratorio de química

En las investigaciones realizadas en Latinoamérica, se encuentran algunos hallazgos en relación con el uso de simuladores para el trabajo con laboratorios virtuales de química (Arroba & Acurio, 2021; da Silva & de Vasconcelos, 2022; Farré, 2020), en los que se hace la integración en algunos grados de básica secundaria y media en Ecuador, Argentina y Brasil, como complemento a las clases y generación de recursos para el trabajo remoto. Sin embargo, las tendencias están enfocadas en la respuesta de estudiantes y docentes sobre el uso de los simuladores de laboratorio y la necesidad de una capacitación docente al afrontar el trabajo con estos.

2.2.2. Percepciones de estudiantes y docentes sobre el uso de los simuladores

En los países de la región, se han realizado algunas investigaciones que presentan información relacionada con la experiencia de los estudiantes y docentes frente al uso de las TIC en los laboratorios de química virtuales. En Ecuador, Arroba & Acurio (2021) trabajaron con estudiantes de los últimos grados de básica secundaria y media y encontraron que este tipo de laboratorios virtuales generan procesos cognitivos similares a los laboratorios físicos. Además, que este tipo de metodologías permite el dinamismo y la repetición de las prácticas, lo que lleva a minimizar los errores y a lograr una comunicación constante entre pares, pero jamás podrá reemplazar las competencias adquiridas en un laboratorio físico (García *et al.*, 2021). De la misma forma, se encontró en otra investigación de la región latinoamericana, específicamente en Argentina, que la respuesta de los docentes ante el uso de este tipo de recursos digitales para la realización de las prácticas, es que se necesita una metodología para la integración de las herramientas al aula, que vaya de la mano con una formación en habilidades y competencias para el manejo de las TIC (Farré, 2020).

2.2.3. Capacitación docente para el uso de TIC en los laboratorios de química

En la revisión para el ámbito regional, se han encontrado investigaciones centradas en la formación docente (Alustiza *et al.*, 2018; Cárdenas *et al.*, 2021; Meza & Núñez, 2018) y en el desarrollo de

habilidades tecnológicas como el manejo de plataformas virtuales para la realización de laboratorios de química (Farré, 2020). Al respecto, Zúñiga-Meléndez *et al.* (2020) resaltan que la formación de los docentes requiere la inclusión del manejo, integración y apropiación de TIC en los procesos pedagógicos.

Aunque el desarrollo tecnológico de las herramientas, plataformas y simuladores seguirá su curso, existen laboratorios virtuales de química para todas las temáticas en casi todos los niveles de formación; el reto está en encontrar la estrategia didáctica más apropiada en cada caso, que responda al contexto de cada grupo de estudiantes y a la fase de la práctica docente (Alustiza *et al.*, 2018; Farré, 2020), ya que se encontraron muchos vacíos en este campo. Las herramientas están disponibles y son gratuitas, pero los docentes no encuentran cómo acercarse a ellas, qué utilidad real tienen, y mucho menos información sobre cómo capacitar a los estudiantes. Al implementar los laboratorios de química virtuales se pueden reemplazar algunas de las tareas que normalmente realiza el docente y dejar más tiempo para la interacción y guía de los estudiantes (Cárdenas *et al.*, 2021).

2.3. Ámbito nacional

En el plano nacional, se encontraron dos investigaciones relacionadas con la integración de laboratorios de química virtuales para estudiantes de los niveles de educación básica secundaria y media. Una de ellas se enfocó en los estudiantes de educación media de una institución educativa rural en el municipio de Necoclí, Antioquia, en la que se desarrolló una página web para la práctica con laboratorios de física y química, complementada con la elaboración de guías para simulaciones futuras (Peñata *et al.*, 2016). De la misma forma, en el municipio de Envigado, Antioquia, se presentó una propuesta para el uso de laboratorios de química virtuales simulados mediante herramientas didácticas, que permitió a los estudiantes interactuar con los ambientes de simulación y a los docentes integrar estas metodologías para mejorar las competencias de los estudiantes en sus clases (Carmona, 2020).

En cuanto a la respuesta de los estudiantes y docentes sobre el uso de los simuladores, se encontraron dos investigaciones, una realizada en el municipio de Caldas, Antioquia, y la otra en la ciudad de Bucaramanga, Santander, donde, como resultado del estudio en el marco de la integración de laboratorios virtuales, se encuentra que la falta de formación docente en competencias TIC, la falta de alfabetización digital y problemas en la didáctica y la metodologías a la hora de integrar las TIC crean una barrera que hace que la implementación de este tipo de tecnologías sea de gran dificultad para el docente (Martínez-Argüello *et al.*, 2018; Ospina, 2018) y por ende para los estudiantes que reciban su guía.

3. Marco conceptual

En el problema de investigación y los objetivos del presente estudio se encuentran los conceptos que permiten comprenderlo teóricamente. Estos se encuentran relacionados con las estrategias didácticas para la formación en competencias del área de química, la integración de TIC en el aula y los laboratorios de química. A continuación, se presenta una exposición general al respecto.

3.1. Integración de las TIC en el aula

Las tecnologías de información y comunicación (TIC) son “[...] el conjunto de recursos, herramientas, equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios; que permiten la compilación, almacenamiento, transmisión de información como: voz, datos, texto, video e imágenes” (Ley 1341, 2009, p. 6). Las TIC permiten introducir nuevas maneras de comunicarse mediante tecnologías digitales (microelectrónica, informática y telecomunicaciones) con el propósito de ofrecer acceso, uso y procesamiento de la información (Díaz-Vera *et al.*, 2021). Además, la integración de estas en la educación es un proceso en el que los docentes las convierten en un elemento de apoyo a sus prácticas habituales de enseñanza (Area-Moreira, 2010), ya que el uso de estos nuevos elementos para complementar los procesos se presenta dentro o fuera del aula y en función siempre de alcanzar los objetivos educativos que se programaron (Soto *et al.*, 2015).

Por lo tanto, integrar las TIC en el aula implica usarlas para la presentación de los contenidos, las dinámicas de la clase, las actividades, es decir, hacerlas parte del currículo, y, para esto, Sánchez (2002) plantea que se usan para la planeación didáctica de las clases, la conceptualización, las actividades y las evaluaciones. En el caso de las ciencias naturales, su uso está enfocado en los contenidos y en las actividades prácticas de demostración de la teoría, por ejemplo, por medio de los laboratorios. En tal sentido, hacer una inmersión de estas tecnologías al currículo implica incluirlas como una extensión o anexo a lo planeado (Sánchez, 2002), pero sin que se convierta automáticamente en la clase, ya que esta es organizada de acuerdo con los contenidos para determinar en qué momento, para cuál actividad y con qué propósito se les da uso a las TIC.

Por consiguiente, al tener en cuenta las condiciones descritas anteriormente, en la tabla 3 se presentan los niveles de integración de las TIC al aula y las consecuencias que esto tiene para el proceso de aprendizaje.

Tabla 3.*Niveles en la integración de TIC en el aula*

Nivel de integración	Descripción	Propósitos de aprendizaje
Aprestamiento	Iniciación al uso de las TIC; requiere de capacitación para estudiantes y docentes. Se presenta durante la organización de la enseñanza, la preparación y la presentación de las temáticas.	Afianzar y entrenar en una herramienta específica. Identificar los posibles usos de acuerdo con las actividades propuestas.
Uso	Su uso no tiene un objetivo de aprendizaje definido; es apoyo para las clases. Se presenta durante las fases de preparación y ejecución del aprendizaje.	Usar TIC por parte de los docentes para preparar las clases. Usar TIC por los estudiantes para realizar actividades de indagación de saberes previos, contextualización, formulación de hipótesis y acercamiento a los conceptos.
Integración	Su uso se enfoca en el aprendizaje en alguna de las competencias de la clase. Se identifica en las fases de evaluación del aprendizaje.	Integrar de manera pedagógica y didáctica las tecnologías. Generar competencias tecnológicas centradas en el aprendizaje.

Nota: elaboración propia a partir de Ángel-Urbe (2022); Area-Moreira (2010); Davini (2015); Dockstader (1999); Reyes-Salvador (2017); Sánchez (2002); Vázquez & Martínez (1997); Verdugo-González *et al.* (2020).

3.2. Laboratorios de química virtuales

De acuerdo con el Ministerio de Educación Nacional (2015), los laboratorios en educación son “[...] un lugar dotado de los medios necesarios para realizar investigaciones, experimentos, prácticas y trabajos de carácter científico, tecnológico o técnico; equipado de instrumentos de medida o equipos con que se realizan experimentos, investigaciones o prácticas diversas” (p. 9). Además, este espacio es usado por muchas áreas del conocimiento para llevar a cabo su componente práctico, ya que las condiciones y variables son controladas; igualmente, permite la generación de hipótesis que posteriormente se van a rechazar o a comprobar mediante la experimentación.

Aunado a lo anterior, la actividad experimental en la educación sirve de complemento a las clases teóricas en cualquiera de las áreas del conocimiento y permite que el estudiante aprenda desde la teoría y la práctica; además, despierta su curiosidad, le permite plantear soluciones a problemas y entender los fenómenos con los que tiene contacto de manera cotidiana (López & Tamayo, 2012).

3.2.1 Clasificación de los laboratorios en ciencias naturales

Las prácticas de laboratorio en el trabajo científico se clasifican en tres categorías: problemas-cuestiones, problemas-ejercicios y problemas-investigación (Caballer *et al.*, 1997). La primera pretende reforzar y aplicar los conceptos entregados por el docente en la clase teórica (López & Tamayo, 2012). La segunda está relacionada con el trabajo en el laboratorio, que busca generar competencias como el uso de instrumentos o preparación de materiales, y la tercera está enfocada en la investigación, permite que los estudiantes apliquen el método científico y las metodologías de investigación que se han establecido de acuerdo con las temáticas del curso.

Por otra parte, en el trabajo de López & Tamayo (2012) se clasifican los laboratorios de ciencias naturales a partir de lo propuesto por Caamaño (2003) y Perales (1994); estos se presentan de acuerdo con su metodología, sus objetivos, las estrategias de trabajo y el grado de interactividad. Dicha clasificación se muestra en la tabla 4.

Tabla 4.

Clasificación de laboratorios en ciencias naturales

Categoría	Tipos	Características
Por su carácter metodológico (Caamaño, 2003; López & Tamayo, 2012; Perales, 1994)	Abierto	Se entrega el fenómeno que se va a estudiar y se plantean hipótesis, se selecciona la metodología y se aplica la teoría para dar solución.
	Semiabierto o semicerrado	Se entrega el fenómeno de estudio y los fundamentos teóricos para plantear y comprobar sus hipótesis.
	Cerrado	Se entrega toda información, metodología a seguir y resultados esperados.
Por sus objetivos didácticos (Caamaño, 2003; López & Tamayo, 2012; Perales, 1994)	Inducción	El docente guía mediante una metodología definida para probar o rechazar hipótesis.
	Investigación	Se entrega al estudiante el fenómeno que se va a estudiar para que defina la metodología que se seguirá para comprobar hipótesis, y el docente acompaña.
Por su estrategia de trabajo (Caamaño, 2003; López & Tamayo, 2012; Perales, 1994)	Frontales	Todos los estudiantes siguen la misma metodología y se espera que obtengan los mismos resultados.
	Por ciclos	El objetivo final del laboratorio se vale de prácticas de índole procedimental, práctica, científica y de aplicación y predicción de conocimientos.

Categoría	Tipos	Características
	Remotos	Por medio de un servidor, se conecta a larga distancia con un equipo que le permite manipular o modificar las variables del laboratorio, para obtener resultados a distancia.
Por el tipo de simulaciones que presenta (Daza et al., 2009; Espinosa-Ríos et al., 2016)	Expositivas	Presentación de contenidos mediante exposiciones por parte del docente.
	Resolutivas	Uso de fórmulas y cálculos por parte del estudiante, guiado por el docente.
	Interactivas	Permiten que el alumno estudie los fenómenos a profundidad, cambie variables, genere resultados diferentes, analice y concluya con respecto a la práctica de laboratorio.

Nota: elaboración propia a partir de los autores citados.

3.2.2. Simuladores de laboratorios de química virtuales

Un laboratorio virtual es un ambiente de aprendizaje que se crea para representar un sistema real en el que los usuarios interactúan y generan experiencias (Cataldi & Dominighini, 2012; Meneses & Ordosgoitia, 2009; Osorio *et al.*, 2012; Pardo & Vázquez, 2005). En tal sentido, los simuladores son aplicativos mediante los cuales se modela parte de esta realidad, con la interacción y el trabajo colaborativo a distancia, con el objetivo de dar solución a problemas planteados a través de la investigación, la creatividad y la comunicación de resultados, todo mediante el uso de la tecnología, es decir, mejora las habilidades comunicativas, de interacción, tecnológicas y colaborativas de los estudiantes (Unesco, 2000).

Así pues, un simulador de laboratorio de química, según Cabero-Almenara & Costas (2016), es un software educativo que se elabora con una finalidad didáctica e interactiva específica para permitir que el estudiante se relacione con ella y el docente pueda sacarle el máximo provecho para su clase. Este autor destaca que son herramientas confiables que permiten la interacción libre de riesgos, transversalidad en las áreas de integración, facilidad en la manipulación, estudio y actividad, que aportan y aceleran el proceso de aprendizaje de los estudiantes, además de tener una interfaz intuitiva, usar instrumentación simulada y relacionar los conceptos prácticos con los teóricos (Meneses & Ordosgoitia, 2009). En la tabla 5 se expone una clasificación de los laboratorios virtuales de química en función de algunas características técnicas y didácticas.

Tabla 5.

Clasificación de los laboratorios virtuales de química

Categoría	Tipo de laboratorio	Características
Grado en que se reproduce la realidad	Realista	Logran imitar, del modo más cercano posible, los instrumentos, artefactos y fenómenos de un laboratorio real, con sonidos, colores, sensaciones, entre otros.
	Abstracta	La representación no se centra en los instrumentos, entorno o apariencia del laboratorio, sino en la representación del fenómeno de estudio centrado en resultados y comprobación de hipótesis.
Nivel de manipulación o interactividad	Alto	No se indican las tareas a realizar; todo queda a criterio del usuario; el experimento se ve como uno real.
	Medio	Se indica qué mover, qué procedimiento seguir y el resultado esperado es el mismo para todos.
	Bajo	En algunas ocasiones basta con un solo clic para que el procedimiento ocurra de manera autónoma, sin que el usuario intervenga activamente.
Nivel de evaluación del laboratorio	Alto	Antes, durante y después de la práctica, se realizan preguntas procedimentales o conceptuales; de manera automática presenta la solución a estas y la relación con la teoría.
	Medio	Se indican errores procedimentales que se van generando, es decir, retroalimentación automática a los procesos para que el usuario corrija las acciones.
	Bajo	Se detiene la práctica por un error, pero sin caracterizarlo, o simplemente no hay retroalimentación o evaluación.
Nivel de acceso a otros recursos	Alto	Presenta hipervínculos o enlaces para que el usuario ingrese información, como hipótesis, conclusiones, datos de las prácticas, entre otros.
	Medio	Presenta enlaces que permiten revisar conceptos e información relacionados con la práctica.
	Bajo	No permite el enlace con contenidos o conceptos externos, ni espacios para ingresar información, como hipótesis o conclusiones.
Contenido multimedia	Alto	Reproduce sonidos e imágenes con movimientos durante el trabajo en el simulador.
	Medio	Reduce la disponibilidad de sonido y animación en los textos y las imágenes.
	Bajo	Predominio de textos e imágenes estáticas.

Nota: elaboración propia a partir de Álvarez & Cabrera (2020) y Piassentini & Occelli (2012).

3.3. Procesos de enseñanza y aprendizaje en la asignatura de química

Mediante los laboratorios virtuales de química se abordan algunos procesos de enseñanza y aprendizaje de la química que se evidencian en los diferentes momentos de la práctica docente, con diversas estrategias didácticas para la formación en competencias del área de ciencias naturales.

3.3.1. Momentos de la práctica docente

El docente realiza una serie de tareas que van desde la formación propia, la planeación y ejecución, hasta la evaluación de los procesos de enseñanza y aprendizaje (Hurtado *et al.*, 2015). Debido a esto, el docente diseña situaciones de aprendizaje, gestiona el proceso de formación, programa las secuencias de enseñanza, utiliza nuevas tecnologías, reflexiona sobre las prácticas y evalúa los procesos (Davini, 2015).

Es por este motivo que la práctica del docente comprende diferentes momentos, entre los cuales está la organización de la enseñanza, proceso en el cual se planifican las secuencias didácticas, se establecen relaciones entre las teorías y los contenidos, se organiza y secuencia el contenido y se seleccionan los materiales y recursos por utilizar (Ángel-Uribe, 2022; Davini, 2015). Lo anterior se identifica como el momento de la preparación del aprendizaje, en que el docente realiza la integración de los laboratorios virtuales para la contextualización, indaga por saberes previos y el planteamiento de hipótesis relacionadas con la temática, y selecciona los contenidos más adecuados para el contexto en el que va a enseñar.

Posteriormente, se encuentran las decisiones que toman los docentes en la acción, es decir, el momento en el que maneja el espacio, el tiempo y los recursos usados para la enseñanza, en el que se construyen los ambientes de aprendizaje, basados en la organización que realizó de la enseñanza y de la interacción y cooperación de los diferentes actores del proceso de aprendizaje (Ángel-Uribe, 2022; Davini, 2015). En este momento, se realizan clases teóricas, teórico-prácticas y prácticas; estas últimas “[...] propenden al trabajo en el campo, las prácticas, juegos, laboratorios, el trabajo autónomo, etc.” (Ángel-Uribe, 2022, p. 148).

En un tercer momento, está la evaluación del proceso, que se presenta a lo largo de la práctica docente, en el que este identifica los logros, las competencias u objetivos alcanzados y los resultados del proceso en función de conocer lo que hay por mejorar y a lo que se debe dar continuidad (Davini, 2015). En este momento, se realiza una evaluación integral del proceso, se identifican debilidades y fortalezas de los procesos de enseñanza y aprendizaje y se hace una reorganización de las actividades con el fin de

hacerles seguimiento mediante la evaluación sumativa, relacionada directamente con el resultado y las actividades de aprendizaje, y la formativa que valora las competencias generadas (Ángel-Uribe, 2022).

3.3.2. Competencias en el área de ciencias naturales

En términos generales, una competencia está definida como los recursos, habilidades, pericia y aptitudes que adquiere una persona para analizar, resolver y poder, finalmente, enfrentarse con éxito a una situación o problemática específica que se le presente en su cotidianidad (OCDE, 2006). Es decir, las competencias se enfocan en el hacer y saber-hacer en contexto, en el uso del conocimiento sin depender únicamente de la memorización de los conceptos, y en su integración a las circunstancias y situaciones que así lo requieran (Coll, 2007). Así mismo, el Ministerio de Educación Nacional (2015) define las competencias como los “[...] conocimientos, habilidades, actitudes, comprensiones y disposiciones cognitivas, socioafectivas y psicomotoras apropiadamente relacionadas entre sí, para facilitar el desempeño flexible, eficaz y con sentido de una actividad en contextos relativamente nuevos y retadores” (p. 49).

Por otra parte, la OCDE (2017), por medio de la aplicación de las pruebas PISA, pretende evaluar la capacidad del estudiante para explicar fenómenos científicamente, evaluar y diseñar la investigación científica e interpretar datos y pruebas científicas. De esta manera, las competencias científicas básicas permiten que los estudiantes reconozcan el lenguaje científico, mejoren sus habilidades de carácter experimental y de organización de la información, así como el trabajo colaborativo (Chona *et al.*, 2006; OCDE, 2006). En relación con lo anterior, la importancia del manejo del lenguaje científico radica en que pueda entender mejor fenómenos estudiados y a su vez esté en condiciones de dar a conocer los resultados a la comunidad educativa y científica en los términos correctos (Cisneros, 2013).

Finalmente, las habilidades de carácter experimental se relacionan con la manipulación de los instrumentos y el seguimiento de procedimientos establecidos en el laboratorio. También, la organización de la información es una competencia clave en el momento de experimentar, porque los recursos e información disponibles son muy variados y corresponde al estudiante interpretar, clasificar y presentar dicha información (Cisneros, 2013; OCDE, 2006). En este sentido, para la competencia científica, Zompero *et al.* (2022) proponen estudiar cada una de las habilidades descritas anteriormente. En la tabla 6 se muestran las que se pretende formar en estudiantes de básica secundaria y media en los países miembro de la OCDE.

Tabla 6.

Definición de las competencias científicas en la integración de laboratorios virtuales de química

Competencia	Definición
Competencias procedimentales	Conocimientos acerca de los procedimientos que se realizan en las ciencias para ejecutar las prácticas a partir de teorías o hipótesis, además de los procesos de documentación, argumentación y toma de decisiones que se realizan durante estos (Zompero <i>et al.</i> , 2022).
Competencias epistemológicas	Conocimientos acerca de la naturaleza de la ciencia y su carácter experimental para generar el aprendizaje por medio de la investigación científica y la prueba de hipótesis y validación de la información entregada (Zompero <i>et al.</i> , 2022).
Competencias comunicativas	Implican una serie de procesos, saberes y experiencias de diversos tipos que el emisor-receptor pone en juego para producir o comprender discursos adecuados a la situación y al contexto de comunicación (OCDE, 2017).
Competencias en tecnologías digitales	Conocimientos necesarios para el uso seguro y crítico de las TIC en función del aprendizaje, la indagación de la información y la comprensión del lenguaje científico (Parlamento Europeo, 2006).

Nota: elaboración propia a partir de los autores citados.

3.3.3. Estrategias didácticas para la enseñanza de la química

Las estrategias didácticas son las acciones programadas que permiten organizar y jerarquizar la entrega de los contenidos y recursos y la realización de las actividades orientadas a cumplir los objetivos de aprendizaje (Asunción, 2022; Delgado, 2021; Macías & Cevallos, 2021; Ortiz *et al.*, 2020). En los entornos virtuales, las estrategias didácticas cumplen un papel importante ya que se encargan no solo de la entrega de los contenidos y la estructuración de estos para que los estudiantes los asimilen, sino que propenden al buen uso de las tecnologías con actividades interactivas, creativas y motivadoras (Macías & Cevallos, 2021). En estas, el foco no es solo construir conocimientos, sino generar en el estudiante una actitud crítica, indagadora, reflexiva, innovadora y que proponga soluciones diferentes y novedosas (Chong-Baque & Marcillo-García, 2020; Ortiz & Rodríguez, 2020).

En relación con lo anterior, para la integración de los laboratorios virtuales de química en el aula, se utilizan estrategias didácticas relacionadas con las competencias que se quiere generar en los estudiantes. Algunas de las que se evidencian en la literatura científica para la integración de los laboratorios virtuales se presentan en la tabla 7.

Tabla 7.

Estrategias didácticas usadas en los laboratorios virtuales

Estrategia didáctica	Definición	Características
Aprendizaje basado en problemas (ABP)	Los estudiantes aplican los conceptos y destrezas adquiridas en clase, para encontrar la solución a un problema planteado por el docente (Delgado, 2021; Meneses & Ordosgoitia, 2009; Ortiz <i>et al.</i> , 2020; Sandoval <i>et al.</i> , 2013).	Los estudiantes suscitan hipótesis y dan respuesta a problemas planteados para el uso de los conceptos y adquirir competencias del área, tanto procedimentales como conceptuales, que se reflejen en un aprendizaje significativo (Chong-Baque & Marcillo-García, 2020; Delgado, 2021). El ABP contiene las siguientes actividades: presentación del problema, planteamiento de hipótesis, planeación de la ruta a seguir, integración de los laboratorios, resultados, discusión de resultados y evaluación para integrar la actividad (Sandoval <i>et al.</i> , 2013).
Estudio de caso	Tiene como fundamento la investigación dirigida, en la cual se presenta un problema o fenómeno que se va a investigar, y se trabaja dentro de un contexto para que se pueda dar solución o respuesta a dicho problema (González, 2015; Martínez, 1999).	El docente define el problema, fenómeno o situación que se estudiará, en función del contexto de los estudiantes y en respuesta a los objetivos de aprendizaje (González, 2015). Esto permite evaluar desde tres momentos distintos de resolución del caso: la identificación del problema, el proceso de recopilación de la información y las soluciones presentadas (González, 2015).
Gamificación	Motiva al estudiante por medio de retos y premios, para aumentar el interés por su proceso de aprendizaje (Chong-Baque & Marcillo-García, 2020).	A diferencia del aprendizaje basado en juegos, en el que se usan juegos creados para un objetivo de aprendizaje específico, en la gamificación se introducen juegos en entornos que inicialmente no eran lúdicos, con el fin de aumentar la motivación (Cornellà <i>et al.</i> , 2020). Estos juegos, a diferencia de los convencionales, tienen un propósito de aprendizaje y se proyectan a la generación o aplicación de conocimientos y al refuerzo y cambio de comportamiento de los estudiantes, lo cual es indispensable en algunas metodologías de aprendizaje (Chong-Baque & Marcillo-García, 2020).

Nota: elaboración propia a partir de los autores citados.

4. Diseño metodológico

La investigación científica involucra la recolección de información para dar respuesta a interrogantes planteados o para tomar decisiones bajo ciertos criterios que permitan proponer alternativas o dar explicación a fenómenos que ocurren (Cohen *et al.*, 2007). La forma como se hace la recolección y análisis de esta información se presenta según el siguiente diseño metodológico para estudiar los procesos de integración de los simuladores de laboratorios de química, con el fin de formar en competencias del área a estudiantes de básica secundaria y media.

Esta investigación se realiza desde un enfoque de métodos mixtos, el cual permite recopilar datos de diversas naturalezas (cualitativas y cuantitativas) que propician una comprensión más amplia de un fenómeno, por ejemplo, mediante encuestas para obtener un panorama general y con entrevistas individuales para obtener uno más detallado de algunos aspectos relevantes de la investigación (Cohen *et al.*, 2007). En la investigación con métodos mixtos que proponen Creswell & Plano (2011), el investigador:

- recopila y analiza de manera persuasiva y rigurosa datos tanto cualitativos como cuantitativos (basados en preguntas de investigación);
- mezcla (o integra o vincula) las dos formas de datos simultáneamente combinándolas (o fusionándolas), secuencialmente haciendo que una se base en la otra, o incrustando una dentro de la otra;
- da prioridad a una o ambas formas de datos (en términos de lo que enfatiza la investigación);
- utiliza estos procedimientos en un solo estudio o en múltiples fases de un programa de estudio;
- encuadra estos procedimientos dentro de visiones filosóficas del mundo y lentes teóricos; y
- combina los procedimientos en diseños de investigación específicos que dirigen el plan para realizar el estudio. (p. 5)

En consecuencia, la investigación con métodos mixtos “[...] proporciona una mejor comprensión de los problemas de investigación que cualquiera de los enfoques por separado” (Creswell & Plano, 2011). De acuerdo con los objetivos de esta investigación, dichos métodos permiten reconocer los procesos de integración de los laboratorios virtuales de química que propenden a la generación de las competencias

científicas, comunicativas y en TIC en el momento de utilizarlos en las diferentes fases de la práctica docente. El diseño del estudio con métodos mixtos es explicativo. Es decir:

[...] comienza con la recopilación y análisis de datos cuantitativos, que tienen la prioridad de abordar las preguntas del estudio. A esta primera fase le sigue la posterior recopilación y análisis de datos cualitativos. La segunda fase cualitativa del estudio está diseñada para que se derive de los resultados de la primera fase cuantitativa. El investigador interpreta cómo los resultados cualitativos ayudan a explicar los resultados cuantitativos iniciales (Creswell & Plano, 2011, p. 71).

En el estudio tiene prioridad la vertiente cuantitativa; con este propósito, se realiza un análisis descriptivo de los diferentes simuladores virtuales para la realización de laboratorios de química, identificando frecuencias en los resultados a través del programa Excel; esto permite recoger información para la descripción, clasificación e identificación de las etapas de la formación en las cuales se pueden integrar. Además, posibilita la recolección de información mediante la encuesta para ahondar en el estudio de las diferentes fases de la práctica docente en las que se realiza la integración de los laboratorios virtuales, así como las estrategias didácticas que se usan para la utilización de estos y las competencias del área que se pretende generar en los estudiantes.

Finalmente, este enfoque viabiliza una mirada cualitativa, mediante la encuesta, de algunos aspectos claves relacionados con la experiencia que tuvieron los docentes durante la integración de los laboratorios virtuales, en función de las estrategias didácticas usadas y las competencias en las que se pretende formar a los estudiantes, evidenciadas en la encuesta realizada previamente. En la presentación de los resultados, se utiliza una codificación para mantener la confidencialidad de los informantes, que consiste en las iniciales de sus nombres y apellidos y que se pueden identificar al momento de citas textuales y no textuales presentadas.

4.1. Población y muestra

Esta investigación tiene dos poblaciones. La primera corresponde a 25 simuladores de laboratorios de química que se integran en los diferentes momentos de la formación en la asignatura de química en los grados de básica secundaria y media. Para ubicarlos, se indagó en foros *online* sobre este tipo de herramientas, se buscó también en motores de búsqueda convencionales y finalmente se analizaron investigaciones sobre el uso de laboratorios virtuales de química, para determinar las herramientas utilizadas.

De acuerdo con lo anterior, se seleccionaron más de 20 páginas de internet que cuentan con actividades para la asignatura de química. También se seleccionaron cinco aplicaciones de escritorio que permiten realizar laboratorios de química de manera virtual. Para determinar la muestra de los 13 simuladores de laboratorios de química a analizar, se realiza un proceso de muestreo no probabilístico, de acuerdo con la definición de simuladores de laboratorio de química, con los siguientes criterios:

- Interactividad
- Adaptación en las temáticas de los grados de básica secundaria y media
- Gratuidad en el acceso y uso
- Facilidad de visualización e instalación en diferentes sistemas operativos

A partir de esto, se descartan aquellos simuladores *online* o aplicaciones para *smartphone* que no tienen ningún grado de interactividad, sino que, por el contrario, muestran procedimientos previamente establecidos. En la tabla 8 se presenta el proceso de selección de muestreo de simuladores de laboratorio de química.

Tabla 8.

Simuladores de laboratorios de química seleccionados o descartados para la muestra

Tipo	Nombre	Elementos para el muestreo	Muestra
Online	ChemCollective (2020), Olabs (2011), Educaplus (1998), Claudlabs (2022), Hurtado (2007), Objetos UNAM (2013), PHET (2002), VLabs Amrita (2023).	Permiten las prácticas de laboratorio de química de forma virtual, lo que propicia, en menor o mayor grado, la interacción del usuario, con prácticas de laboratorio predefinidas o ambientes para trabajar las temáticas de química de los grados de básica secundaria.	13 gratuitos escogidos
Aplicación para escritorio	VLabQ (SibeSoft, 2002), Virtual ChemLab (Pearson, 2022), Chemlab (Model Science Software, 2006), IrYdium Chemistry Lab (Dave, Yaron, 2010), Crocodile Chemistry (Crocodile Clips Ltd, 2006).	Facilitan la realización de actividades relacionadas con prácticas de laboratorio de química bajo las temáticas de los grados de básica secundaria y media desde aplicaciones de escritorio.	

Tipo	Nombre	Elementos para el muestreo	Muestra
Online	Alemira, Algetec, Krismar, Cyenytec, Stalke-Chemie, PCCL, Yenka y CK-12	No son de acceso gratuito y algunas de sus prácticas son destinadas de manera exclusiva a la educación superior.	12 descartados
Aplicación para <i>smartphone</i> o escritorio	Chemistry Lab Educational, Science Experiment, Science Lab Experiment, Learn Science Experiments.	No permiten la manipulación del usuario para definir el rumbo de la práctica; por el contrario, traen procedimientos predeterminados para ciertas temáticas.	

Nota: elaboración propia.

Ahora, la segunda población la componen los docentes que han integrado los simuladores de laboratorios para la formación en química en los niveles de básica secundaria y media, en los países latinoamericanos pertenecientes a la OCDE. Su búsqueda se realiza con el apoyo de personas conocidas, colegas docentes, en grupos de docentes de química y de ciencias en la red social Facebook (Docentes en la Química, 2020; Profesores de Física / Química, 2020) y en la red de docentes de química en Latinoamérica (Reddolac, 2022).

En la búsqueda se obtiene la respuesta de 12 docentes que obedecen a estas características, y a la invitación a diligenciar la encuesta contestan nueve profesores de química de cuatro países (Colombia, Chile, Venezuela y Perú), con los que se realiza una indagación inicial y posteriormente un muestreo por conveniencia, no probabilístico. De estos, se hace una segunda selección de seis docentes pertenecientes a los países latinoamericanos de la OCDE en los que se han aplicado las pruebas PISA y con más de 7 años de experiencia en la docencia de la química, lo que permite comparar el trabajo con laboratorios físicos y la experiencia con los virtuales. También, que hayan usado más de un simulador y en más de un grado para la formación en competencias del área de ciencias, en los grados de básica secundaria y media. A partir de estos criterios finalmente se obtiene el consentimiento de tres de estos docentes para la última fase de la investigación.

La caracterización de esta muestra arroja que la mayoría de los participantes han sido docentes en Colombia, con algunos de otros países de la región (figura 1). Por otra parte, más de la mitad de los docentes han enseñado química por lapsos superiores a 10 años y casi el 70 % lo han hecho por más de 7 años, como se puede apreciar en la figura 2. La caracterización de la muestra también deja ver que la mayoría de los docentes han enseñado química en los últimos grados de la educación básica y media, es decir, a estudiantes entre 14 y 17 años, proceso en que se hace importante la práctica en la enseñanza de

la química (figura 3). Finalmente, se encuentra que los docentes de la muestra han usado varios de los simuladores de laboratorios virtuales pertenecientes a la primera población, siendo el más común *Chemlabs* con 6 docentes, seguido de *Phet Colorado* con 4 y los demás que relacionan en la figura 4.

Figura 1.

Países donde ejercen la docencia

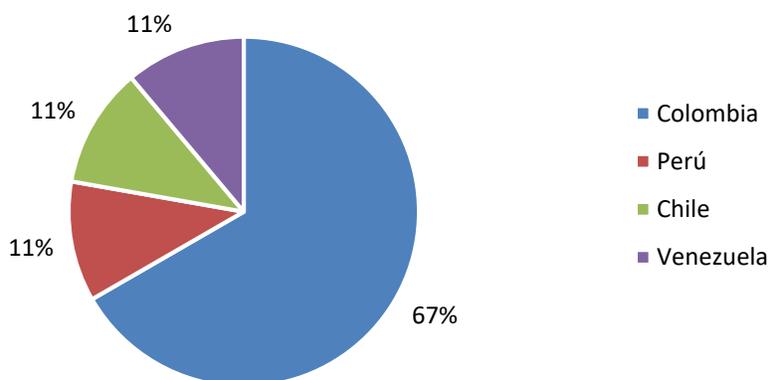


Figura 2.

Tiempo en el que han ejercido la docencia de la química

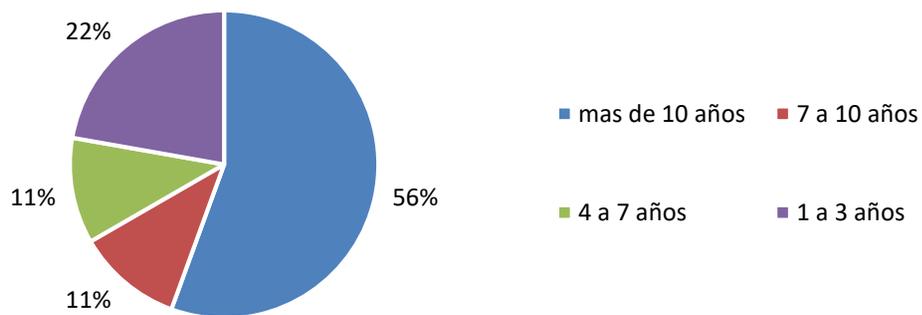


Figura 3.

Grados en los que han usado laboratorios virtuales de química

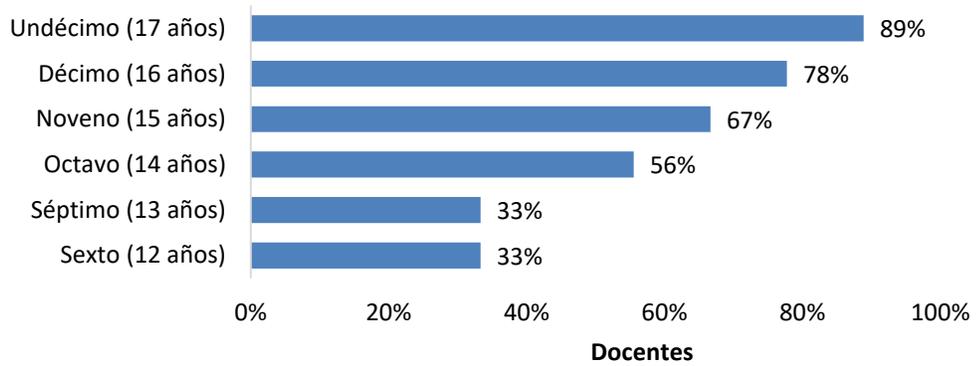
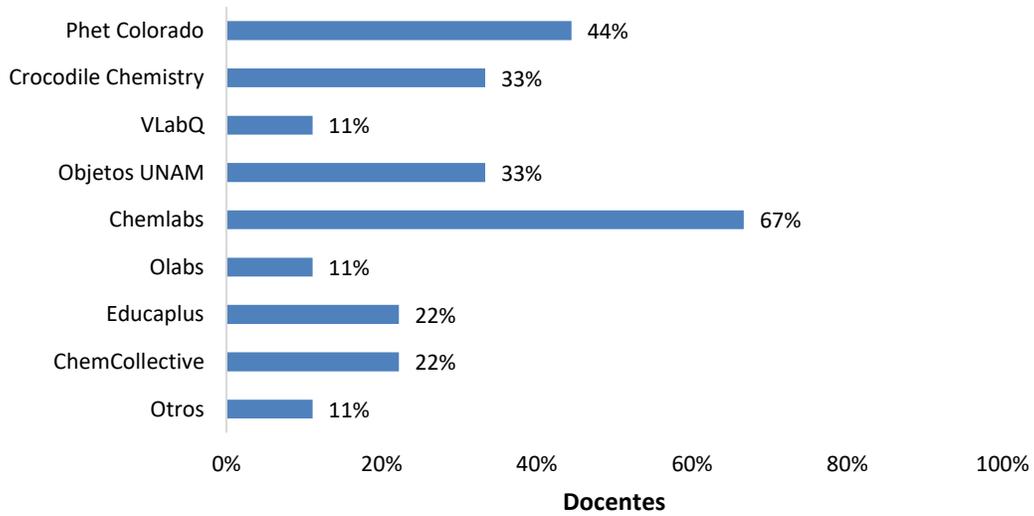


Figura 4.

Simuladores de laboratorios de química que han usado los docentes



4.2. Categorías

A partir de los objetivos específicos (OE) definidos para esta investigación, se establecen unas categorías en función de los conceptos presentados; estas a su vez permiten establecer la población y los instrumentos para la recolección de la información. En la tabla 9 se presenta la matriz categorial.

Tabla 9.

Matriz categorial

Concepto	Categoría	Descripción
OE1: Caracterizar los laboratorios virtuales de química que se integran en los procesos de formación en los niveles de básica secundaria y media		
Laboratorios virtuales	Tipos de laboratorios en educación	<p>Tipos de prácticas de laboratorio: problemas-cuestiones, problemas-ejercicios y problemas-investigación (Caballer <i>et al.</i>, 1997)</p> <p>Tipo de simulación de los laboratorios: resolutivos, expositivos e interactivos (Espinosa-Ríos <i>et al.</i>, 2016)</p>
Laboratorios virtuales de química	Tipos de laboratorios virtuales de química	<p>Carácter metodológico: prácticas cerradas, abiertas y semiabiertas o semicerradas.</p> <p>Representación de la realidad: realistas o abstractas</p> <p>Interactividad: grado de manipulación del usuario</p> <p>Acceso a contenidos externos: por el acceso a otros recursos</p> <p>Evaluación del proceso formativo: nivel alto: presenta preguntas procedimentales o conceptuales; nivel medio: indica errores procedimentales; nivel bajo: no continúa la práctica al encontrar un error, pero sin caracterizarlo (Álvarez & Cabrera, 2020; Caamaño, 2003; Perales, 1994; López & Tamayo, 2012).</p>
OE2: Identificar los usos de los laboratorios virtuales en la práctica docente para la formación en química en los niveles de básica secundaria y media		
Práctica docente	Momentos de la práctica docente	Comprende actividades de planeación, ejecución y evaluación.
OE3: Identificar las estrategias didácticas que usan los docentes de química en la integración de los laboratorios virtuales para la formación en competencias de la asignatura en los niveles de básica secundaria y media		
Estrategias didácticas	Estrategias didácticas para integración de laboratorios virtuales de química	<p>Aprendizaje basado en problemas: planteamiento de un problema en clase, generalmente del entorno del estudiante, y uso del laboratorio para encontrar una solución.</p> <p>Gamificación: activación de conocimientos previos y organización de la información con juegos y actividades didácticas.</p> <p>Estudios de caso: a partir de un caso que describe una situación similar a una real, para ser valorado mediante una simulación del sistema real.</p>

Concepto	Categoría	Descripción
Competencias	Competencias para la asignatura de química del área de ciencias naturales	<p>Competencias procedimentales: procedimientos y prácticas desarrolladas en las ciencias.</p> <p>Competencias epistemológicas: conocimientos sobre la naturaleza de la ciencia, su forma de ser construida y de comprender sus características.</p> <p>Competencias comunicativas: comunicarse empleando habilidades y destrezas, mediante lenguaje científico.</p> <p>Competencias en tecnologías digitales: utilizar los medios de comunicación y tecnologías digitales para buscar informaciones, aprendizaje y comprensión de la sociedad del conocimiento.</p>
	Competencias científicas	<p>Explicar fenómenos científicamente: reconocer, ofrecer y evaluar explicaciones para una serie de fenómenos naturales y tecnológicos.</p> <p>Interpretar datos y pruebas científicamente: analizar y evaluar datos, alegaciones y argumentos en una variedad de representaciones y sacar conclusiones científicas adecuadas.</p> <p>Evaluar y diseñar la investigación científica: describir y evaluar las investigaciones científicas y proponer formas de abordar científicamente las cuestiones planteadas.</p>

Nota: elaboración propia.

4.3. Técnicas e instrumentos

Al tener en cuenta la naturaleza de la investigación, se establecen tres técnicas: la observación no participante, la encuesta y la entrevista. La primera se utiliza para describir los simuladores de química por medio de unos criterios establecidos; la segunda, para caracterizar las prácticas docentes con las cuales se realizó la integración de los laboratorios virtuales, y la tercera, como un proceso de naturaleza interactiva en la que el investigador plantea un escenario cotidiano (Cohen *et al.*, 2007; Dorio Alcaraz *et al.*, 2019) para identificar el proceso de integración de los simuladores a los diferentes momentos de la práctica docente.

Para el primer objetivo específico, se utiliza una matriz de observación, que busca estudiar las aplicaciones para la simulación de laboratorios de química con algunos parámetros de chequeo, como grado de interactividad, de representación de la realidad, cantidad de prácticas que permiten, entre otros. Esta matriz pretende recolectar la mayor cantidad de información técnica y las características de funcionalidad de los simuladores de laboratorios de química, así como algunos de los aspectos

metodológicos y didácticos presentes en dichos simuladores.

Para el segundo y el tercer objetivo específico, se usa un cuestionario que puede ser aplicado sin la presencia del investigador (Cohen *et al.*, 2007), con preguntas cerradas y abiertas, con el fin de conocer las percepciones que tienen los docentes luego de la integración de los laboratorios virtuales de química a los diferentes momentos de las clases, a fin de formar en las diferentes competencias: científicas, comunicativas y en TIC.

Una vez se tienen los resultados de la encuesta, se procede, para responder también al segundo y el tercer objetivo de investigación, con las entrevistas para profundizar en algunas de las respuestas dadas previamente por los docentes que se relacionan con la integración de los laboratorios virtuales, las ventajas y desventajas de estos, la formación en las diferentes competencias y la descripción de las estrategias didácticas implementadas. Con estas, también se comparan las estrategias didácticas usadas en los laboratorios presenciales y aquellas implementadas en los laboratorios virtuales, y, por último, se recogen algunas recomendaciones de los docentes para la integración.

4.3.1. Aplicación de instrumentos

Para iniciar, se aplica la encuesta, alojada en Google Forms, a nueve docentes que consideraron participar en la investigación, de los 12 que fueron seleccionados para la muestra inicial. Se realiza el seguimiento a las respuestas relacionadas con el tiempo de ejercicio de la docencia, la aplicación de más de un laboratorio virtual y en más de un grado de básica secundaria y media, esto, para proceder con la entrevista virtual, mediante la plataforma Teams, a tres docentes que atendieron el llamado a continuar con la investigación y que cumplen con las características señaladas.

4.3.2. Validación de los instrumentos

Los instrumentos se validaron mediante un proceso de revisión por expertos y posteriormente se realizó una prueba piloto para evaluar su pertinencia y funcionalidad. El proceso de validación por expertos contó con personas con experiencia en investigación científica y contacto directo con los procesos educativos de la asignatura de química. Uno de los expertos es director de un colegio de carácter privado de la ciudad de Medellín, que fue docente de química en los niveles de básica secundaria y media y es licenciado en biología y química. El segundo experto es un ingeniero químico con especialización en gerencia de proyectos y doctorado en ingeniería, quien trabaja en una importante industria en el sector de alimentos en Colombia, ha participado en el diseño e implementación de diferentes proyectos de carácter investigativo y es actualmente docente universitario en la ciudad de Medellín.

Para la prueba piloto de la matriz de observación de los laboratorios virtuales de química se seleccionó uno de los laboratorios descartados en el muestreo, con el propósito de poner a prueba los criterios a evaluar y la funcionalidad del instrumento. Para la prueba piloto de la encuesta y la entrevista se realizó una convocatoria de docentes de química que han integrado laboratorios virtuales en los niveles de básica secundaria y media; participaron tres docentes en la prueba piloto del instrumento de la encuesta, y dos de estos se seleccionaron para la prueba piloto de la entrevista. Los docentes escogidos eran todos licenciados en biología y química, dos de ellos con experiencia docente entre uno y tres años y un tercero con más de 10 años de experiencia en docencia de la química.

5. Resultados

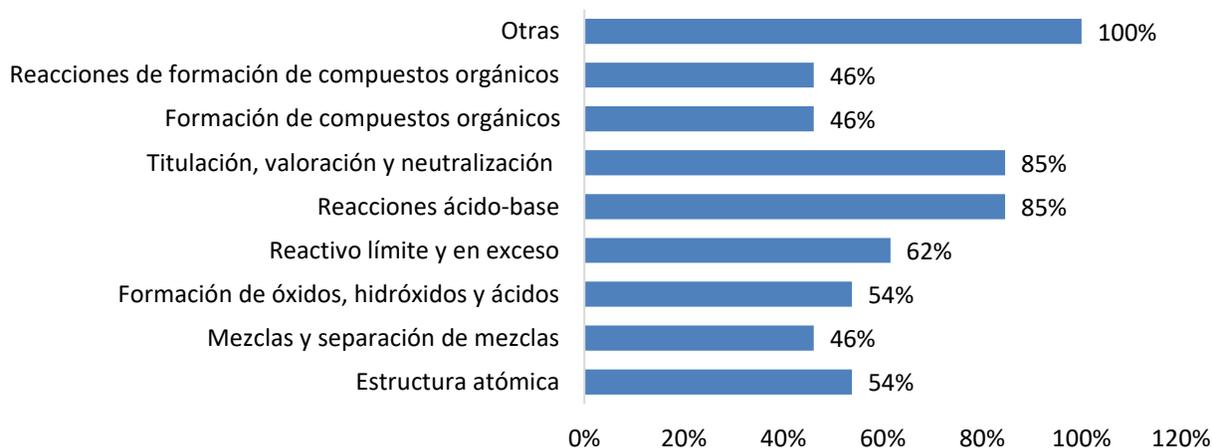
Los resultados obtenidos en el proceso investigativo han permitido encontrar información que responde a los objetivos planteados. De acuerdo con lo anterior, se realiza una clasificación de los análisis para presentar, inicialmente, las características de los simuladores de laboratorios de química, el uso que los docentes les han dado y las competencias que permiten generar.

5.1. Caracterización de los simuladores de laboratorio de química

Los simuladores de laboratorio de química analizados muestran principalmente actividades relacionadas con las temáticas del último grado de básica secundaria y el primer grado de educación media, se destacan reacciones ácido-base, titulación, valoración y neutralización (figura 5).

Figura 5.

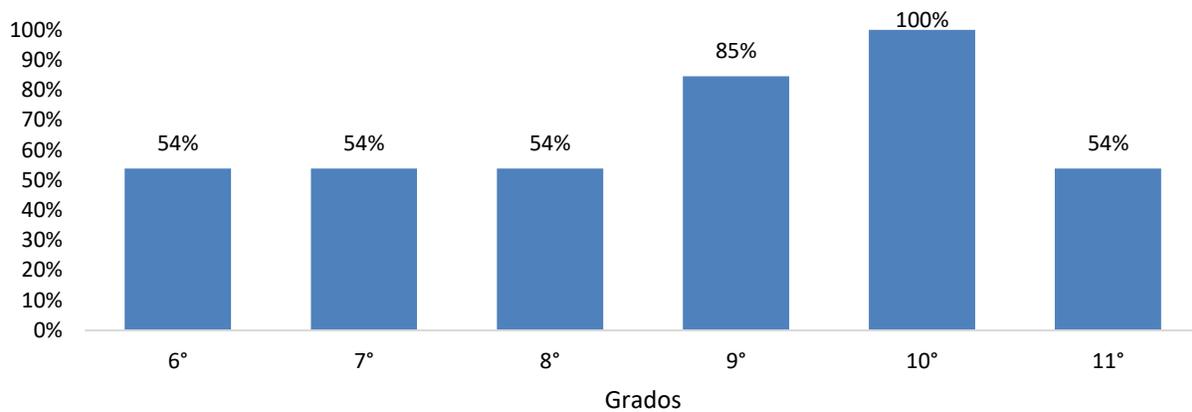
Temáticas que permiten trabajar los simuladores de laboratorio de química



No obstante, en los laboratorios virtuales de química se integra una gran diversidad de temáticas: en el 23 % de estos se proponen prácticas para las temáticas de todos los grados de básica secundaria (6°, 7°, 8° y 9°) y media (10° y 11°), mientras que el 31 % de los laboratorios muestran prácticas únicamente para los grados de educación media. En la figura 6 se observa la distribución de los simuladores que presentan temáticas para cada uno de los grados de básica secundaria y media; se destaca que el 100 % de estos contienen prácticas para las temáticas del grado décimo.

Figura 6.

Porcentaje de laboratorios virtuales que ofrecen prácticas por cada grado



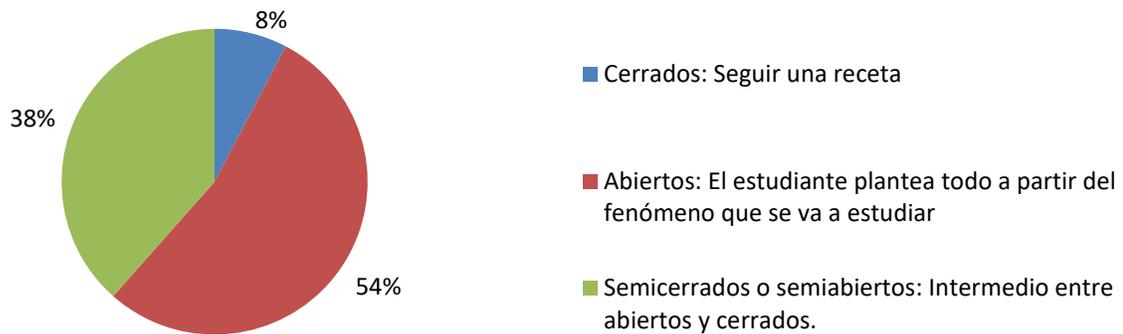
Uno de los principales criterios de selección de simuladores es la gratuidad y el fácil acceso para estudiantes y docentes. Al respecto, el 85% de los simuladores analizados no requieren un inicio de sesión ni la vinculación con una red social o correo electrónico. Además, de acuerdo con la versatilidad de los laboratorios, es decir, la posibilidad de adaptarlos a las diferentes situaciones que plantea la práctica docente, se encuentra que en el 100 % de los estudiados se realizan laboratorios problema-cuestión, usados para reforzar conceptos entregados en clase, el 92,3 % de estos permiten la generación de competencias del componente práctico por medio de los laboratorios de problemas-ejercicios y, finalmente, en el 84,6 % de estos se pueden desarrollar laboratorios problemas-investigación, enfocados en la aplicación del método científico y las metodologías de la investigación.

Por otro lado, en relación con las actividades que se permite realizar, según el tipo de simulación de los laboratorios virtuales, se identifica que el 92,3 % de los laboratorios presentan simulaciones interactivas para el estudio de fenómenos, cambio de variables y análisis. También, que en el 61,5 % de estos se encontraron: simulaciones expositivas, en las que el enfoque es la presentación de los contenidos y simulaciones resolutivas, que se enfocan en la solución de fórmulas y cálculos, respectivamente.

Ahora, con respecto al carácter metodológico, más de la mitad de los laboratorios se clasifican como abiertos, en los cuales las simulaciones posibilitan que los estudiantes organicen y programen todo a partir del fenómeno que se va a estudiar. Así mismo, en una menor proporción se encuentran los del tipo cerrado, en que el estudiante únicamente sigue una receta, es decir, un procedimiento previamente establecido (figura 7).

Figura 7.

Clasificación de los simuladores de química según su carácter metodológico

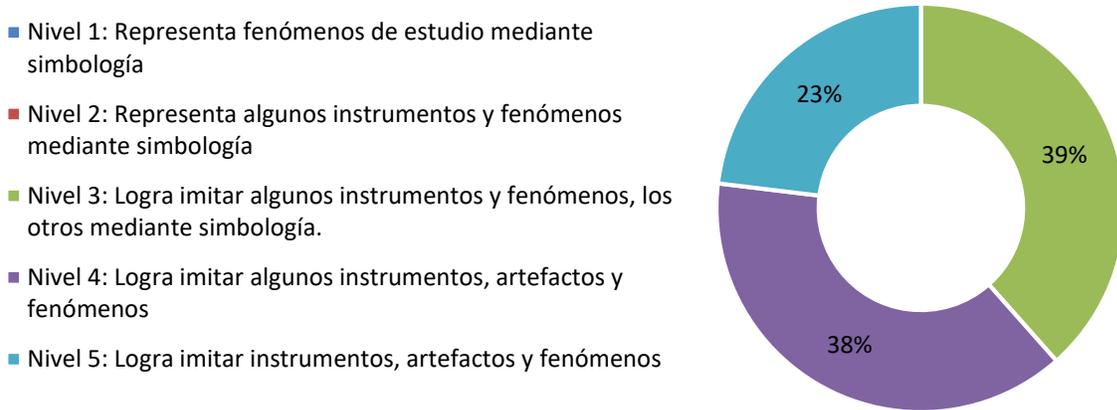


En relación con los aspectos técnicos, los simuladores se analizan en cuanto al grado de interactividad y nivel de representación de la realidad que tienen. En primera instancia, respecto al grado de interactividad se encontró que el 46 % de los laboratorios presentan un nivel 5 de interactividad, en el que todo lo ocurrido en la práctica depende de las decisiones del usuario; el 39 % de estos están en un nivel 4, en el que la mayoría de la práctica depende de las decisiones del usuario aunque presenta algunos procedimientos predefinidos y apenas un 15 % se hallan en nivel 3, en los que algunos procedimientos están predefinidos y otros dependen de las decisiones del usuario. En segunda instancia, ninguno de los laboratorios analizados presenta un nivel 2 o 1 de interactividad, es decir, ninguno es muy poco interactivo, donde todo ocurre prácticamente solo desde las primeras decisiones del usuario y lo convierte simplemente en un observador.

Ahora bien, en cuanto al nivel de representación de la realidad, la mayoría presentan grado 4 o 5 de interactividad, es decir, que logran representar los instrumentos de laboratorio de acuerdo con su aspecto real; por el contrario, en los niveles 1 y 2 están aquellos que se valen de la simbología para representar instrumentos y fenómenos y para los cuales ninguno de los simuladores analizados presentó estas características. En la figura 8 aparecen los resultados para el nivel de realismo de los laboratorios.

Figura 8.

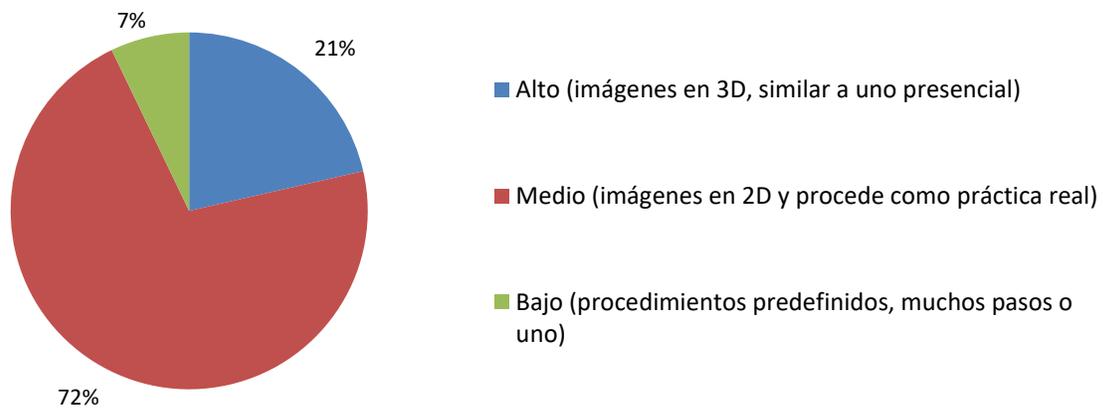
Distribución de los laboratorios en función del grado de representación de la realidad de los instrumentos en los simuladores



Por otra parte, se analiza en los simuladores el nivel de representación de la realidad en cuanto al ambiente de simulación y el grado de realismo en relación con un laboratorio físico. En la figura 9 se exponen los resultados del análisis para los simuladores estudiados; se destaca que la gran mayoría están en un nivel medio, en el que las imágenes se representan en dos dimensiones (2D), pero procedimientos realizados ocurren como en una práctica real. En cambio, en un menor porcentaje se encuentran los simuladores que representan los instrumentos y ambientes de simulación en 3D, bastante cercanos a un ambiente real.

Figura 9.

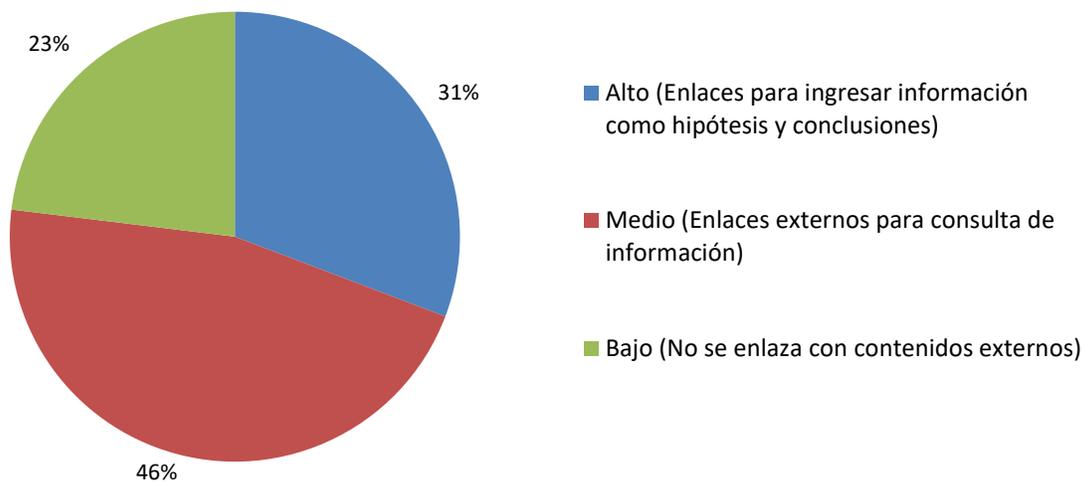
Distribución de los laboratorios según el grado de realismo en la representación de los ambientes de simulación



Adicionalmente, se analizan las posibilidades de evaluación y retroalimentación que ofrecen los simuladores y la capacidad de los laboratorios virtuales para acceder a recursos externos durante la práctica. Con respecto a esto último, casi la mitad de los laboratorios estudiados cuentan con un nivel medio de acceso a recursos externos, que permiten la búsqueda de información, pero no el ingreso en forma de hipótesis o conclusiones, que sí lo permite el nivel alto, en el que se encuentran el 31 % de los simuladores (figura 10).

Figura 10.

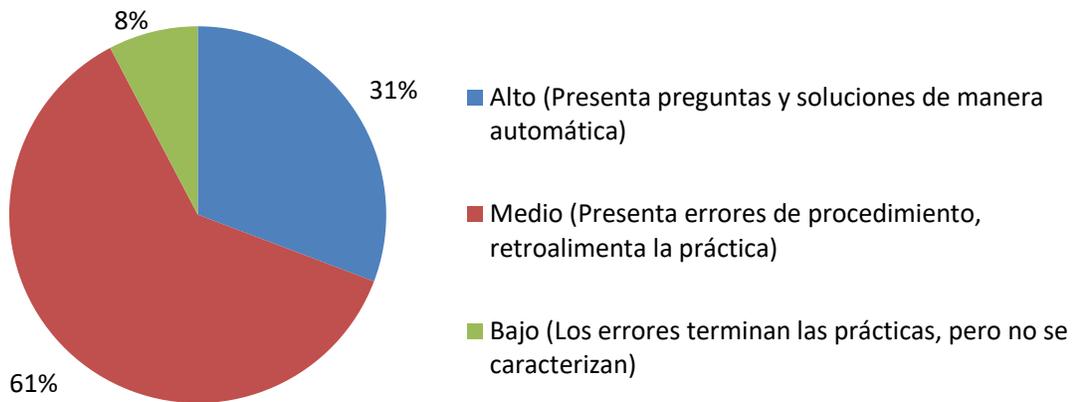
Distribución de los laboratorios según el nivel de acceso a recursos y contenidos externos



En cuanto a las posibilidades de evaluación y retroalimentación, se destaca que la mayoría de los simuladores se encuentran en un nivel medio, es decir que se indican los errores que se tienen en el procedimiento y que hay una retroalimentación de estos. Una mínima cantidad de los laboratorios (8%) presenta niveles bajos de retroalimentación, en los que los errores terminan las simulaciones de las prácticas, pero no son explicados (figura 11).

Figura 11.

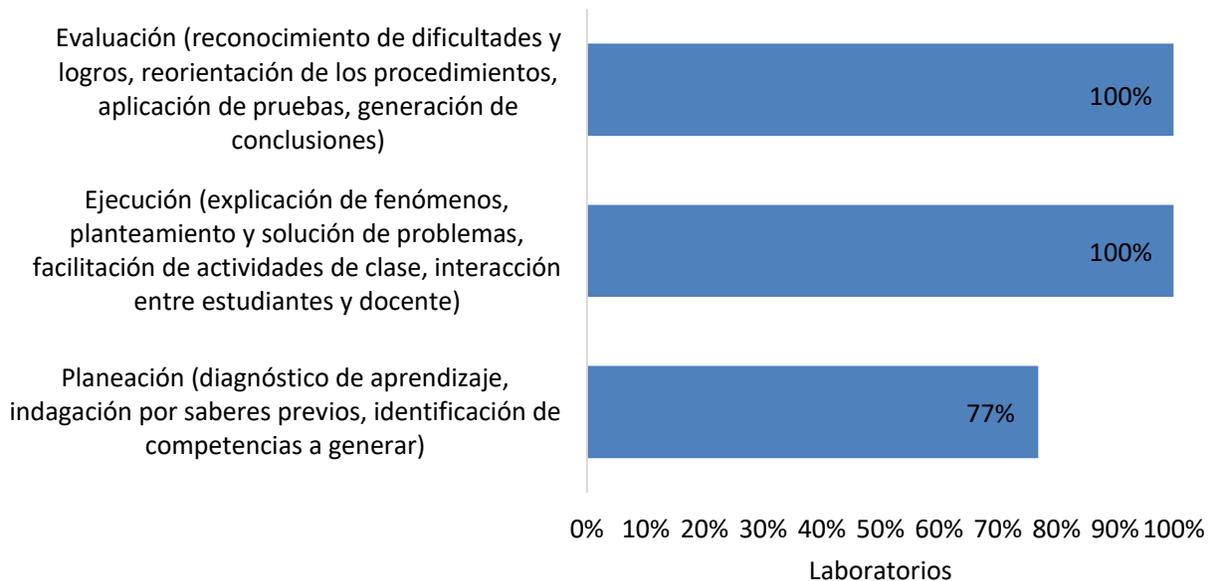
Distribución de los laboratorios según el nivel de posibilidades para la evaluación y la retroalimentación



En relación con la diversidad de las actividades de los simuladores, se aprecia que el 100 % de los simuladores de laboratorio de química tienen actividades para las prácticas de evaluación y ejecución, mientras que solo el 77 % para la planeación (figura 12).

Figura 12.

Distribución de los simuladores según los tipos de prácticas en las cuales se pueden integrar

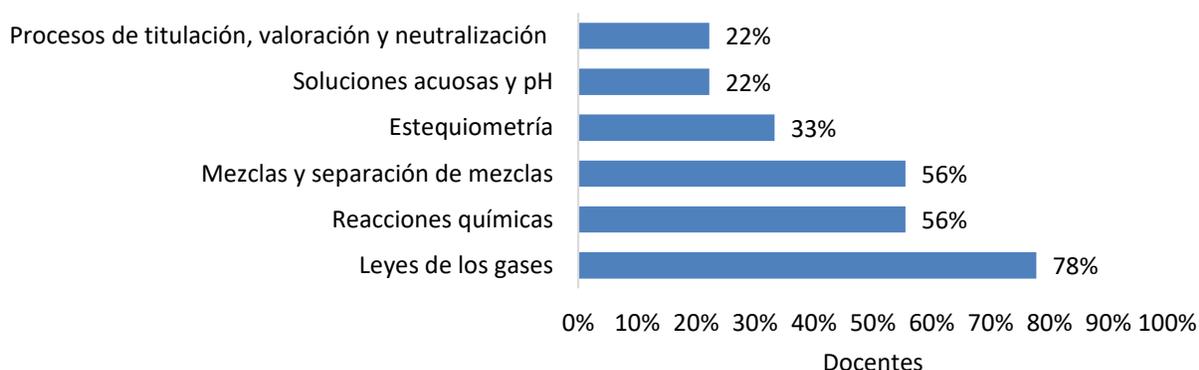


5.2. Usos de los laboratorios virtuales en las prácticas docentes

Los docentes manifiestan haber usado los laboratorios virtuales en la presentación y desarrollo de varias temáticas, entre las cuales se destacan, con un 78 %, las leyes de los gases y con un 56 % las mezclas, separación de mezclas y reacciones químicas (figura 13).

Figura 13.

Temáticas para las que los docentes han integrado laboratorios virtuales de química

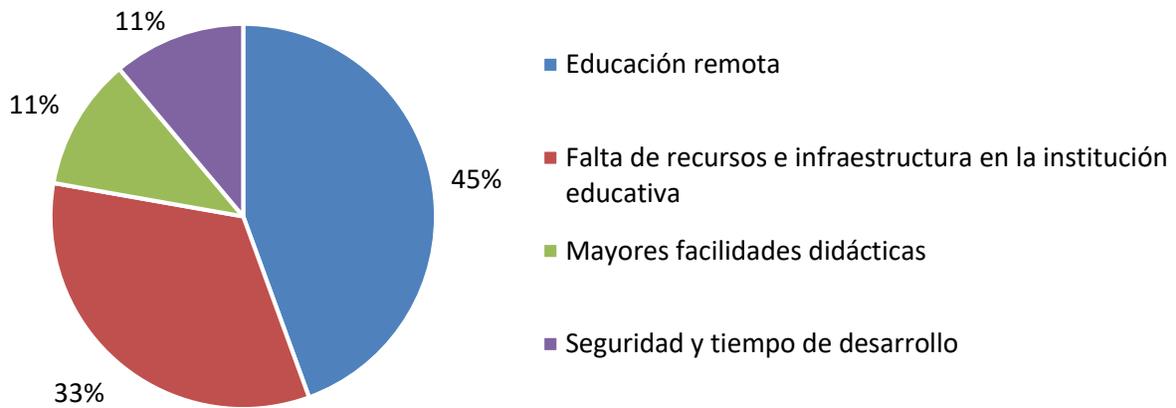


En relación con la selección de los simuladores de laboratorio de química que realizan los docentes, estos tienen en cuenta criterios como “[...] la finalidad del laboratorio, que apunta a la temática que se estaba trabajando en ese momento” (AJLL) y “[...] que los estudiantes no tuvieran dificultades a la hora de desarrollarlo, para que al momento de comprender el objetivo del ejercicio fuera mucho más sencillo y alcanzar lo que nos habíamos propuesto” (AJLL).

Sin embargo, es diferente la motivación de los docentes para la integración de los laboratorios virtuales de química. La mayoría de ellos los usa como apoyo en la educación virtual o remota, en la que no hay acceso a las instalaciones físicas para realizar un laboratorio de forma presencial, por la falta de infraestructura o recursos en las instituciones educativas. Algunos los han utilizado porque los laboratorios poseen mayores facilidades didácticas, ventajas como la seguridad y mejores tiempos de desarrollo de las prácticas. En la figura 14 se muestran los resultados de la motivación que tienen los docentes para integrar los laboratorios virtuales de química.

Figura 14.

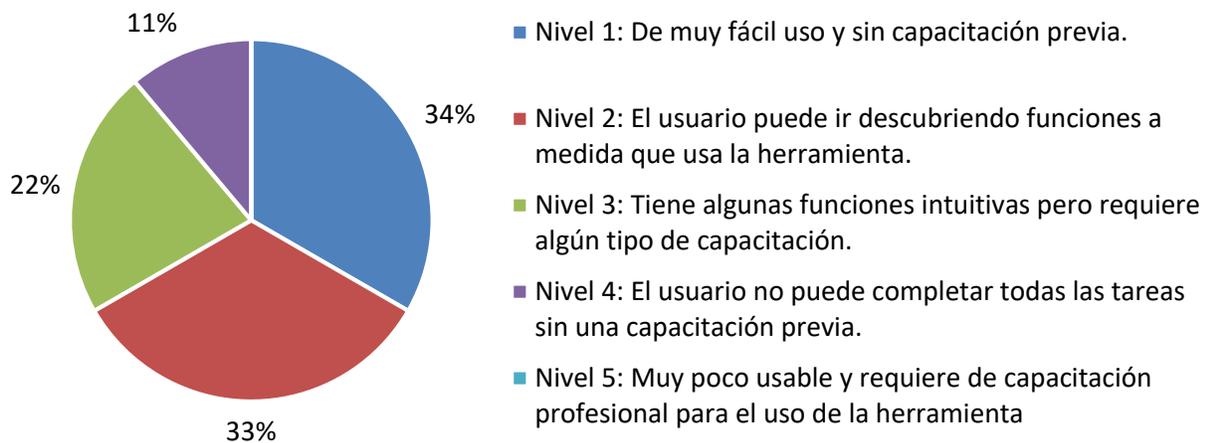
Distribución de docentes según su motivación para integrar los laboratorios virtuales de química



En este mismo sentido, en cuanto al nivel de usabilidad, los docentes identifican que la mayoría de los laboratorios virtuales se encuentran en niveles 1 y 2 en que los simuladores permiten su uso sin capacitación previa y se aprende en el contacto con la herramienta. Sin embargo, uno de los docentes manifiesta que “[...] sí fue necesario aprender a usar primero la plataforma, entender qué herramientas me daba, entender qué temática podía tratar y trabajarlas, porque, aunque la plataforma es clara, sí se necesita saber para qué se usa” (AMT). Además, se destaca que ninguno de los docentes cree que los simuladores usados por ellos se encuentran en un nivel 5 de usabilidad, en el que se requiere de una capacitación previa antes de interactuar con la herramienta. En la figura 15 se observan los resultados en cuanto al nivel de usabilidad, que manifiestan los docentes al contacto con los simuladores de laboratorio.

Figura 15.

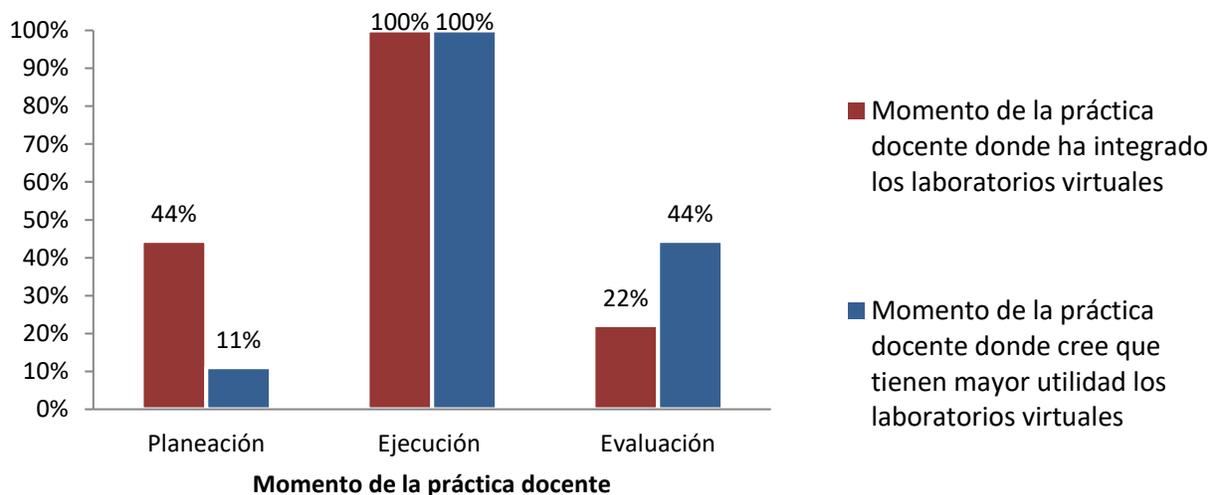
Distribución de docentes según el nivel de usabilidad que encuentran en los laboratorios virtuales



La integración de los laboratorios virtuales se da en diferentes momentos de la práctica (figura 16). Al respecto, la totalidad de los docentes lo han hecho en el momento de la ejecución, lo que les representa una mayor utilidad. Además, se evidencia que, aunque pocos lo han usado en la fase de evaluación, consideran que puede tener una mayor utilidad; sin embargo, uno de los docentes asegura no usarlo en este momento debido a que “[...] requiere el uso de una herramienta, como el celular, que puede conllevar que el estudiante utilice otras aplicaciones adicionales que en el momento de la evaluación no serían pertinentes y no permitirían evaluarlo a él correctamente” (AJLL). Ahora, para el momento de la planeación, un docente asegura que “[...] cuando se planea la clase, se busca que los estudiantes entiendan un concepto teórico y ahí no es tan apropiado el laboratorio virtual porque hasta ahora están entendiendo el concepto como tal” (AMT).

Figura 16.

Momentos de la práctica en los que los docentes integran los laboratorios virtuales



En relación con el alcance esperado de los objetivos de aprendizaje en el momento de la integración, el 45 % de los docentes evidencia que se logró cumplir con la mayoría de los objetivos de aprendizaje planteados; incluso, un 11 % de estos manifiesta haber cumplido con la totalidad de los objetivos planteados.

[...] se alcanzaron de una manera más sencilla, porque igual uno hace como sea para que los estudiantes cumplan sus metas y respondan todas sus preguntas, pero el laboratorio virtual sí agiliza un poco el tema y permite que ellos tengan un raciocinio muy diferente y avanzar de una mejor manera; al estudiante le quedan las ideas y conceptos más claros

desde ahí. (AMT)

Al respecto, otro de los docentes dice que los objetivos se alcanzaron en un 80 %.

[...] ya que se buscaba comprensión del tema, de las leyes que se trabajaron en ese momento, para que posteriormente pudieran aplicar las variables analizadas para resolver los ejercicios y se determinó posteriormente en la solución de ejercicios prácticos, ejercicios en el tablero y la evaluación final. (AJLL)

Y añade que, para medir el alcance de estos objetivos se hace una comparación entre un grupo de estudiantes que habían realizado laboratorios virtuales y otro que no los han usado nunca; encontró una mejora en los resultados de las pruebas externas para el grupo que ha interactuado con los simuladores ya que “[...] permiten, sin inversión económica, que los estudiantes hagan una inversión intelectual que a futuro los va a favorecer” (RYMM). En la figura 17 se presentan los resultados acerca del nivel de cumplimiento de los objetivos planteados para la integración de los laboratorios virtuales de química.

Figura 17.

Distribución de docentes según el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje planteados con la integración de los laboratorios virtuales de química



De acuerdo con los resultados de la figura 17, existe un 44 % de docentes que manifiestan haber alcanzado parcialmente, o ninguno, los objetivos de aprendizaje planteados, lo que se evidencia en los niveles 1, 2 y 3 de cumplimiento. Esto se presenta por la falta de infraestructura tecnológica, el desinterés de los estudiantes ante el uso de los simuladores y la falta de capacitación de estos para el uso de las

herramientas. En este sentido, los docentes manifiestan que, en algunas ocasiones, los adolescentes hacen las cosas porque les toca y las herramientas tecnológicas se prestan para que haya muchos distractores (AMT, AJLL). Adicional a lo anterior, uno de los docentes manifiesta:

[...] a pesar de que los estudiantes pueden manejar virtualmente los diferentes elementos que se dan en cualquier proceso químico que se quiera estar representando, no son tangibles, no pueden manejarlos directamente porque de todas maneras estando en el laboratorio presencialmente y manejando los diferentes recursos que se necesiten va a ser mucho mejor para el estudiante. (AJLL)

Además, otro de los docentes menciona que “[...] en ocasiones son escasos los recursos tecnológicos disponibles en las instituciones educativas para la integración de estos simuladores de laboratorio de química” (RYMM).

Dando continuidad a las desventajas planteadas por los docentes, uno de ellos comenta que para el simulador de Chemlabs “[...] hay poca cantidad de prácticas para el área de química, teniendo en cuenta la cantidad de temáticas que contiene esta asignatura y la pantalla es reducida en el ambiente que presenta y no permite su ampliación” (RYMM). En la figura 18 se presentan los principales inconvenientes o dificultades que encontraron los docentes durante la integración de los laboratorios virtuales.

Figura 18.

Inconvenientes encontrados en la integración de los laboratorios virtuales de química



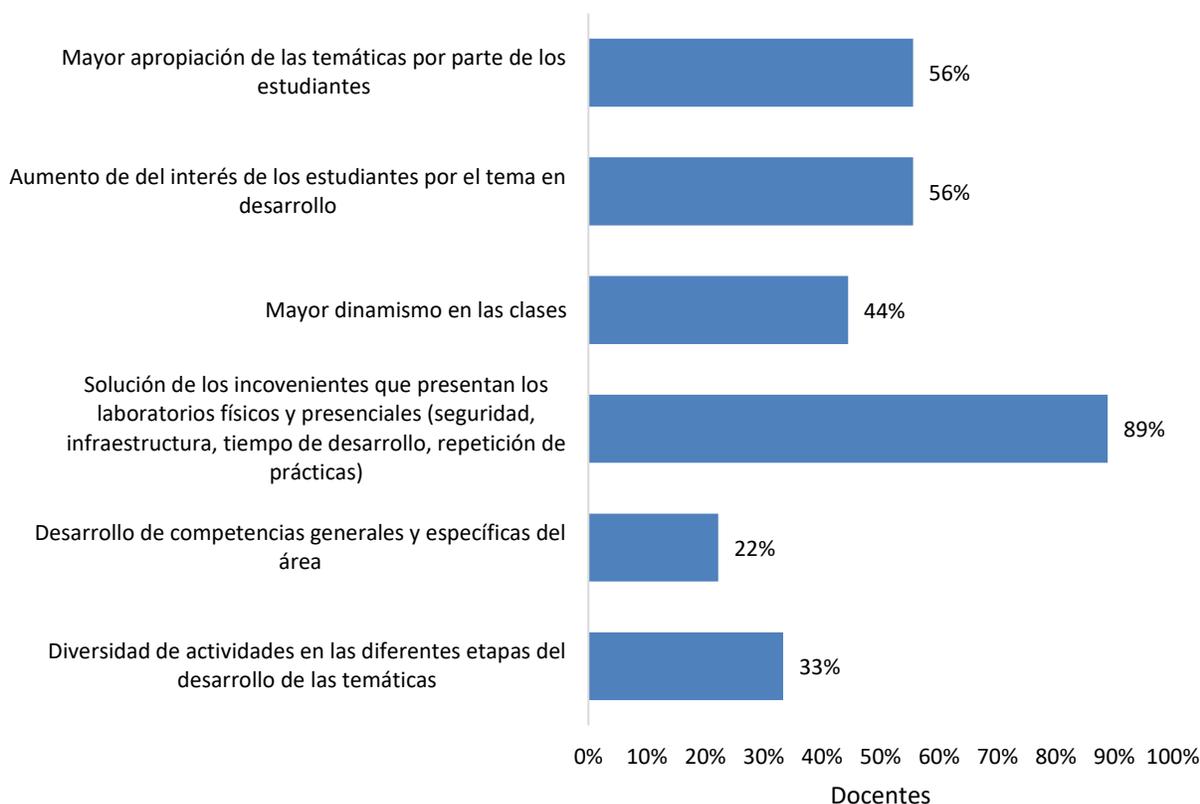
Sin embargo, la totalidad de los docentes manifiestan que los laboratorios virtuales de química aportan significativamente al desarrollo de las temáticas ya que, como mencionan algunos de ellos, “[...] constituyen una herramienta didáctica que permite darles significado a los conceptos que se quiere aprender” (DMLO); “[...] es una manera más dinámica y motivadora para generar interés en los estudiantes, sobre todo en esta época de digitalización que vivimos” (RS) y “[...] son facilitadores y dinamizadores de la enseñanza de la química, especialmente en ambientes de aprendizaje que cuentan con recursos limitados para la enseñanza de las ciencias naturales” (AJLL). Consecuentemente, casi un 90 % de los docentes identifican que los simuladores solucionan problemas encontrados en los laboratorios presenciales, como la falta de recursos, infraestructura deficiente, poco tiempo de desarrollo y baja posibilidad de repetición de prácticas.

En cuanto a las ventajas que tienen los laboratorios virtuales, los docentes destacan que la principal es “[...] justamente la posibilidad de equivocarse y volver a empezar, reiniciando la simulación, cosa que en la vida implica volver a lavar todo y organizar, invirtiendo una mayor cantidad de tiempo” (AMT) y que, además, “[...] simplifican totalmente casi a cero la utilización de recursos económicos y humanos” (AJLL). Se destaca también que un 56 % de los docentes encuentran ventajoso que los

laboratorios virtuales aumentan el interés de los estudiantes, permiten una mayor comprensión de las temáticas, y una mejora en los resultados de las pruebas externas (figura 19).

Figura 19.

Distribución de los docentes según las ventajas que encuentran en la integración de laboratorios virtuales de química



5.3. Estrategias didácticas para la formación en competencias del área

Con respecto a las estrategias didácticas mediante las cuales los docentes han integrado los laboratorios virtuales a sus clases, la mayoría utiliza el aprendizaje basado en problemas, ya que:

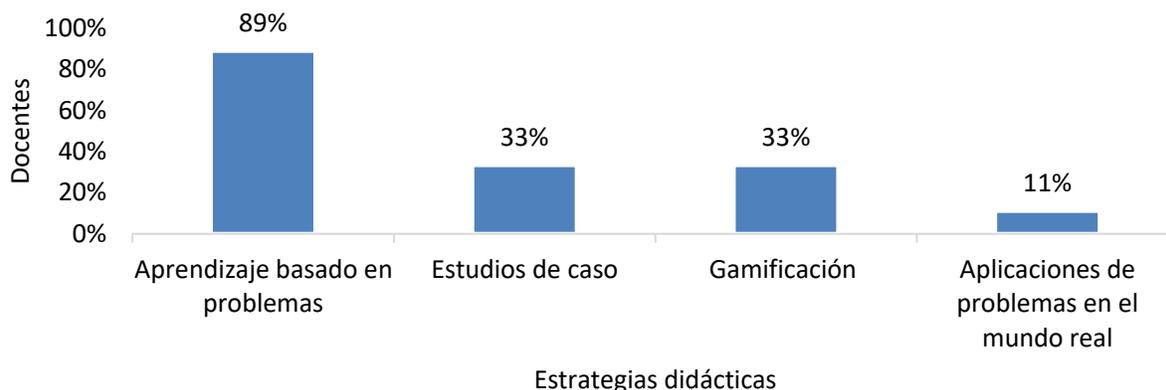
[...] les permite a ellos crear ideas o tomar decisiones que los lleven a dar respuesta y cada una de esas decisiones, cómo se trabaja en grupos, es diferente a la de los otros compañeros; cada uno tiene autonomía de decidir cómo proceder. (AJLL)

Así mismo, en una menor proporción están los estudios de caso y la gamificación: “[...] esta parte experimental ellos también la toman como un ejercicio lúdico pero que requiere un alcance de objetivos y el alcance de unas competencias” (AJLL). En la figura 20 se presentan los resultados de las estrategias

didácticas que usan los docentes para integrar los laboratorios virtuales de química.

Figura 20.

Distribución de los docentes según las estrategias didácticas usadas para la integración de laboratorios virtuales de química



Los docentes integran diversas estrategias didácticas con el uso de los laboratorios virtuales de química (figura 21). La selección de una estrategia didáctica adecuada permite que se formen en las diferentes competencias del área; por ejemplo:

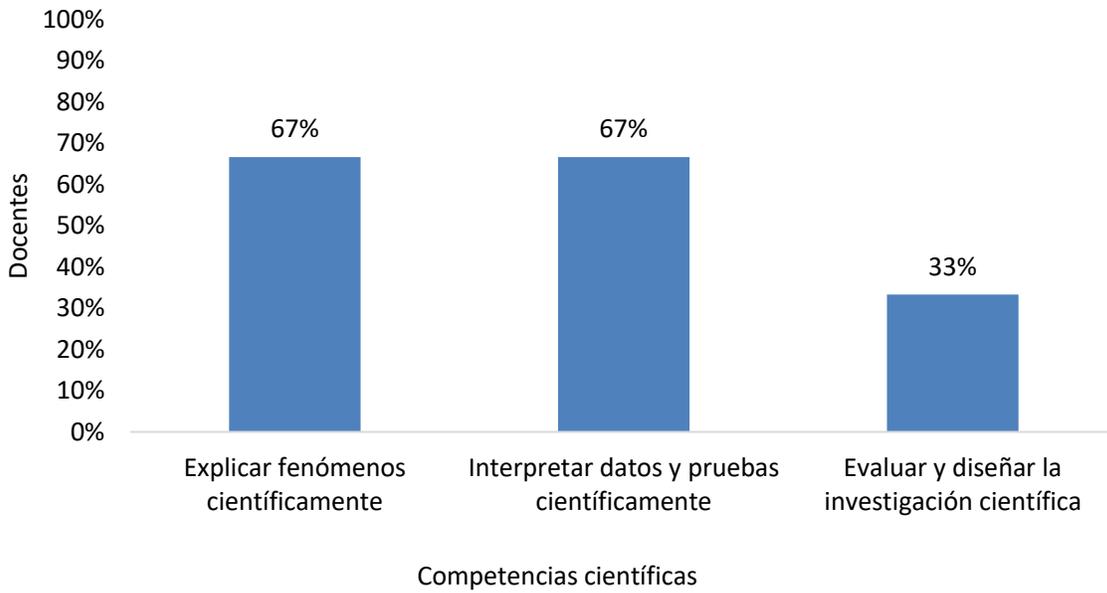
[...] la atención al detalle, la escucha activa, una descripción, un pensamiento crítico y una capacidad de entendimiento, dentro de lo básico. Además, algo más avanzado como la construcción de ideas superiores y relación de otros conceptos, que logre extrapolar lo que vivenció a otras temáticas. (AMT)

Al respecto, se encuentra que el 67% de los docentes creen que los simuladores de laboratorio permiten formar en las competencias científicas de: explicar fenómenos científicamente e interpretar datos y pruebas científicamente y en “[...] la resolución de problemas, no solo en el contexto social, sino en general, de manera cualitativa y cuantitativa, además de poder interpretar y sintetizar los datos, procesos e información que surge en el laboratorio” (RYMM). De manera complementaria, uno de los docentes comenta:

[...] el laboratorio es la mejor manera para explicar cómo funciona o cómo sucede un fenómeno determinado y al mismo tiempo, debe facilitarle al estudiante, dentro de lo que ya ha aprendido, que lo que está sucediendo en ese laboratorio debe explicarlo en términos científicos utilizando todo su conocimiento, tanto teórico como experimental. (AJLL)

Figura 21.

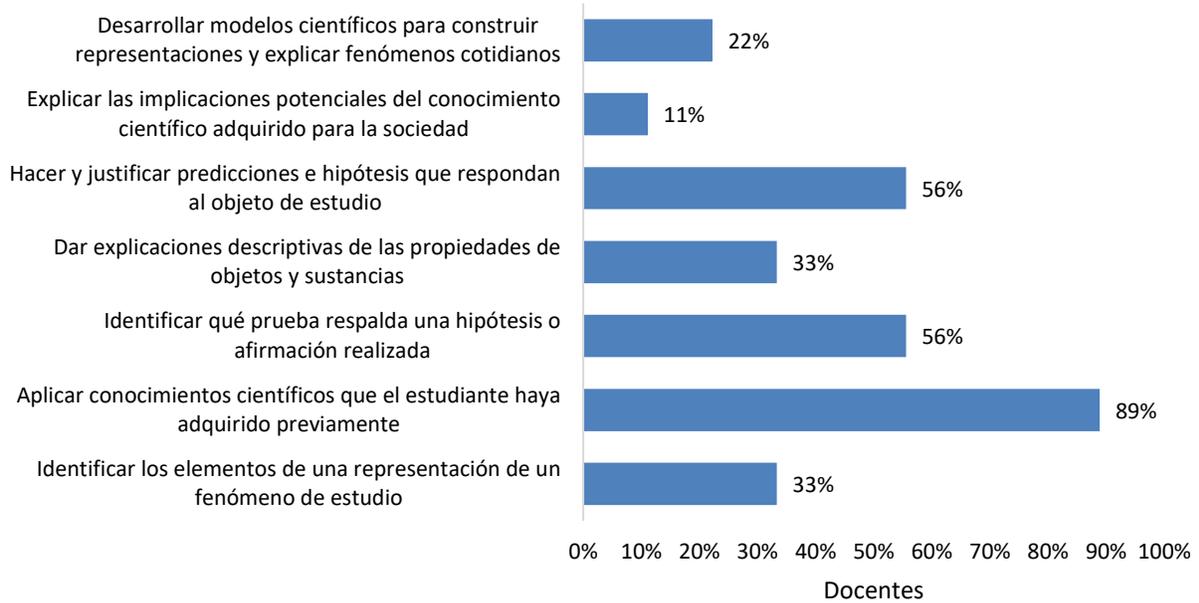
Distribución de docentes según las competencias científicas en las que se puede formar con la integración de los laboratorios virtuales de química



En función de las acciones que pueden realizar con los laboratorios virtuales de química para explicar fenómenos científicamente y formar en las competencias científicas, el 89 % de los docentes destacan la posibilidad de aplicar conocimientos científicos que el estudiante haya adquirido previamente (figura 22). También se evidencia que el 56 % de los profesores destacan la probabilidad de formular y justificar predicciones e hipótesis que responden al objeto de estudio e identificar qué prueba respalda una hipótesis o afirmación realizada.

Figura 22.

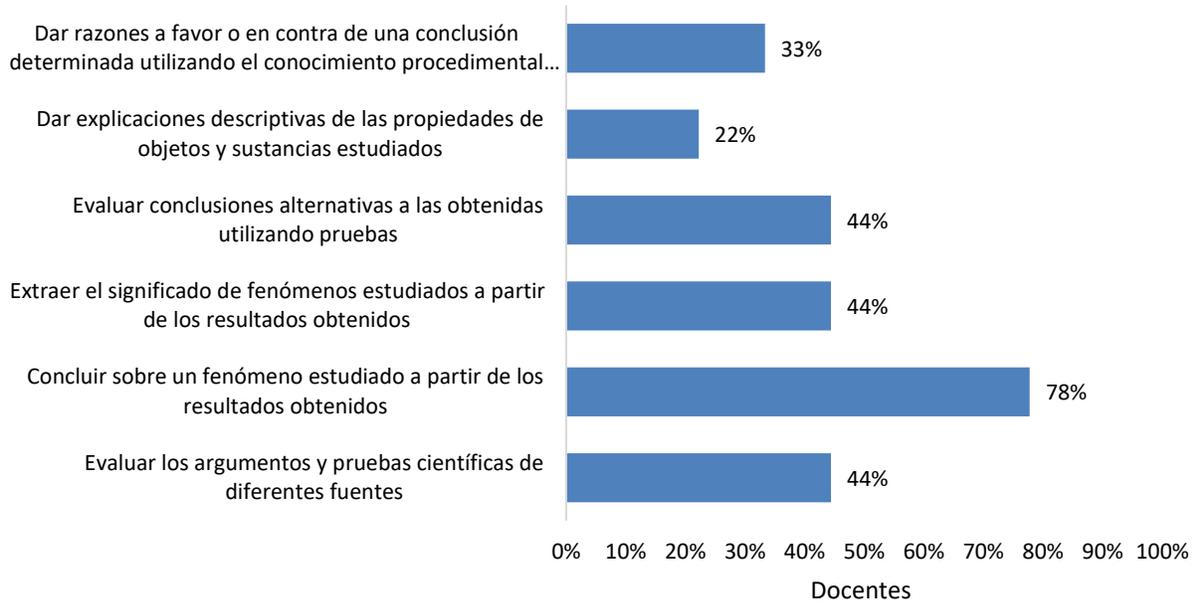
Distribución de docentes según las acciones y actividades que se pueden desarrollar con los laboratorios virtuales para formar la competencia de Explicar fenómenos científicamente



En cuanto a la competencia de interpretar datos y pruebas científicamente, el 78% de los docentes identifican que concluir sobre un fenómeno estudiado a partir de resultados obtenidos es una de las principales acciones que se pueden realizar en el laboratorio virtual (figura 23), así como un 44% de ellos consideran que se pueden evaluar conclusiones alternativas a las obtenidas utilizando pruebas, extraer el significado de fenómenos estudiados a partir de los resultados obtenidos y evaluar argumentos y pruebas científicas de diferentes fuentes, respectivamente.

Figura 23.

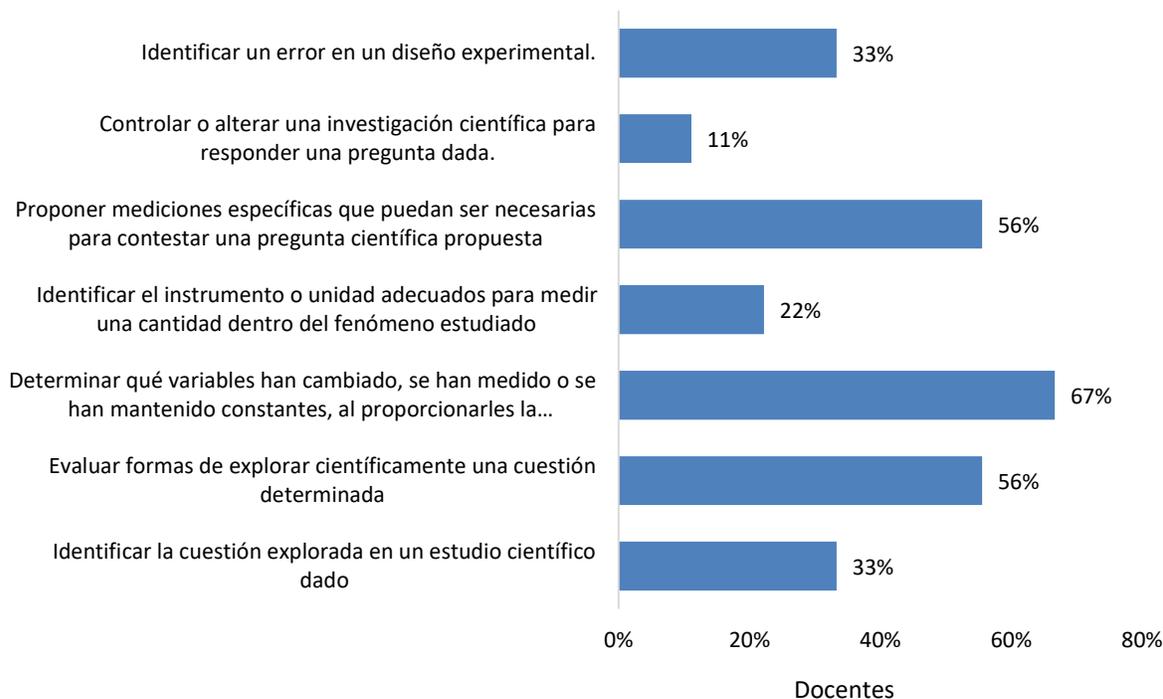
Distribución de docentes según las acciones y actividades que se pueden desarrollar con los laboratorios virtuales para formar la competencia de Interpretar datos y pruebas científicamente



En relación con la formación de la competencia de evaluar y diseñar la investigación científica, un 67 % de los docentes identificaron como relevante la de determinar qué variables han cambiado y cuáles se han mantenido constantes, al proporcionarles la descripción de una investigación como la principal actividad (figura 24). De la misma manera, un 56 % de estos distinguen la de proponer mediciones específicas que puedan ser necesarias para contestar una pregunta científica propuesta y evaluar formas de explorar científicamente una cuestión determinada, respectivamente.

Figura 24.

Distribución de docentes según las acciones y actividades que se pueden desarrollar con los laboratorios virtuales para formar la competencia de Evaluar y diseñar la investigación científica



Además de las competencias científicas mencionadas, los laboratorios virtuales de química permiten formar en una serie de competencias, relacionadas también con el área de ciencias naturales; por ejemplo, las competencias procedimentales, epistemológicas, comunicativas y tecnológicas. En relación con las competencias procedimentales, los docentes mencionan que estas se logran

[...] si es guiado el proceso, [por cuanto] si el estudiante está solo, el procedimiento no será lógico. De la misma manera, para las competencias epistemológicas y cómo él percibe la ciencia y lo que lo rodea, no se deben dejar al azar o el entendimiento del estudiante y lo más importante con lo que se debe complementar es que se debe sentar en algo real, no dejarlo solo en lo virtual. (RYMM)

De acuerdo con lo anterior, una de las principales competencias procedimentales que se deben formar con los laboratorios virtuales de química, según destacan el 56 % de los docentes, es la de utilizar procedimientos y lenguaje propio de las ciencias naturales para proponer soluciones a problemas estudiados (tabla 9). En este mismo sentido, más del 33 % de los docentes subrayan otras como:

- Manipular apropiadamente diversos instrumentos, conociendo sus funciones, limitaciones y peligros, así como las medidas de seguridad necesarias para operar con ellos;
- Dominar procesos, prácticas y procedimientos de investigación científica, y
- Comprender conceptos fundamentales y estructuras explicativas de las ciencias naturales.

Tabla 9.

Competencias procedimentales que los docentes forman con el uso de los laboratorios virtuales

Competencias procedimentales	Docentes
Utilizar procedimientos y lenguajes propios de las ciencias naturales, para proponer soluciones a problemas estudiados	56 %
Manipular apropiadamente diversos instrumentos, conociendo sus funciones, limitaciones y peligros, así como las medidas de seguridad necesarias para operar con ellos	33 %
Analizar, comprender y explicar características, fenómenos y procesos relativos al mundo natural, social y tecnológico	33 %
Comprender conceptos fundamentales y estructuras explicativas de las ciencias naturales	33 %
Dominar procesos, prácticas y procedimientos de investigación científica	33 %
Analizar fenómenos naturales y procesos tecnológicos, con base en las interacciones y relaciones entre materia y energía	22 %
Representar fenómenos para explicarlos o describirlos	22 %
Producir conocimientos y resolver problemas de las ciencias naturales de forma crítica, significativa, reflexiva y ética	11 %
Investigar situaciones-problema y evaluar aplicaciones del conocimiento científico y tecnológico y sus implicaciones en el mundo	11 %
Ejercitar la curiosidad para hacer preguntas, buscar respuestas y crear soluciones con base en los conocimientos de las ciencias naturales	11 %

Con respecto a las competencias epistemológicas, la mayoría de los docentes, un 67 %, destacan que la principal es elaborar argumentos para predecir los resultados de una pregunta de investigación, analizar variables y elaborar hipótesis (tabla 10). También, entre un 33 % y un 56 % de los docentes resaltan otras como:

- Establecer patrones, interpretar la información y construir modelos que permitan probar las hipótesis propuestas;

- Desarrollar diversos procesos investigativos, iniciando con la observación hasta la recolección de datos, y
- Construir explicaciones y diseñar soluciones para dar posibles soluciones a problemas de la realidad.

Tabla 10.

Competencias epistemológicas que los docentes forman con el uso de laboratorios virtuales

Competencias epistemológicas	Docentes
Elaborar argumentos para predecir los resultados de una pregunta de investigación, analizar variables y elaborar hipótesis	67 %
Desarrollar diversos procesos investigativos, iniciando con la observación hasta la recolección de datos	44 %
Construir argumentos con base en datos y evidencias	33 %
Establecer la validez de la información y de los procesos de la investigación, analizando la calidad y confiabilidad de los resultados, los alcances y limitaciones.	22 %
Construir explicaciones y diseñar soluciones para dar posibles soluciones a problemas de la realidad	22 %
Establecer las relaciones necesarias entre las variables para llegar a posibles conclusiones	11 %
Establecer patrones, interpretar la información y construir modelos que permitan probar las hipótesis propuestas	11 %

En cuanto a las competencias comunicativas, la mayoría de los docentes, el 78 %, resaltan que dar a conocer los resultados y conclusiones de la investigación, enfatizando en la importancia de utilizar el lenguaje científico y el uso de recursos pertinentes para representar la información es la competencia principal que se puede formar con los laboratorios virtuales de química (tabla 11). Además, entre un 44 % y un 67 % de los profesores relacionan otras como:

- Transmitir una información en forma verbal o escrita, mediante diversas herramientas como dibujos, ilustraciones científicas, tablas, gráficos, TIC, etc.;
- Utilizar el lenguaje científico y el uso de recursos pertinentes para representar la información, y
- Comunicar sus descubrimientos y conclusiones a públicos variados, en diversos contextos y por medio de diferentes medios y tecnologías digitales de información y comunicación.

Tabla 11.*Competencias comunicativas que los docentes forman con el uso de laboratorios virtuales*

Competencias comunicativas	Docentes
Dar a conocer los resultados y conclusiones de la investigación. Se enfatiza en la importancia de utilizar el lenguaje científico y el uso de recursos pertinentes para representar la información	78 %
Transmitir una información en forma verbal o escrita, mediante diversas herramientas como dibujos, ilustraciones científicas, tablas, gráficos, TIC, etc.	67 %
Comunicar sus descubrimientos y conclusiones a públicos variados, en diversos contextos y por medio de diferentes medios y tecnologías digitales de información y comunicación	44 %
Utilizar diferentes lenguajes y tecnologías digitales de información y comunicación para comunicarse, acceder y diseminar informaciones	56 %
Utilizar el lenguaje científico y el uso de recursos pertinentes para representar la información	22 %

Finalmente, en referencia a las competencias tecnológicas que permiten formar los laboratorios de química virtuales, la mayoría de los docentes, el 67 %, identifican la de obtener un dominio creativo y eficaz de las distintas herramientas TIC (tabla 12), pero también destacan, con un 33 %, las siguientes:

- Comunicar sus descubrimientos y conclusiones por medio de diferentes medios y tecnologías digitales de información y comunicación;
- Buscar, obtener, procesar y compartir información a través de medios digitales y usar efectivamente los medios para la autoexpresión, y
- La participación para la comunicación de resultados obtenidos.

Tabla 12.*Competencias tecnológicas digitales que los docentes forman con el uso de laboratorios virtuales*

Competencias tecnológicas	Docentes
Obtener un dominio creativo y eficaz de las distintas herramientas TIC	67 %
Usar efectivamente los medios para la autoexpresión y la participación en la comunicación de resultados obtenidos	33 %
Adquirir un comportamiento ético en los medios tecnológicos y digitales	33 %
Comunicar sus descubrimientos y conclusiones empleando diferentes medios y tecnologías digitales de información y comunicación	33 %

Competencias tecnológicas	Docentes
Buscar, obtener, procesar y compartir información a través de medios digitales	33 %
Investigar situaciones-problema y evaluar aplicaciones del conocimiento científico y tecnológico y sus implicaciones en el mundo, utilizando procedimientos y lenguajes propios de las ciencias naturales	22 %
Utilizar diferentes lenguajes y tecnologías digitales de información y comunicación para comunicarse, acceder y diseminar informaciones	22 %
Desarrollar una postura crítica frente a los medios de comunicación	11 %

6. Conclusiones

A partir de los resultados descritos anteriormente, se puede llegar a una serie de conclusiones, presentadas a continuación, en relación con las características de los laboratorios virtuales, el uso que les han dado los docentes en los diferentes momentos de su práctica y las estrategias didácticas que han utilizado para la formación en competencias.

6.1. Conclusiones sobre las características de los laboratorios virtuales de química

Los simuladores de laboratorio de química virtual ofrecen, en su mayoría, actividades y prácticas para los últimos grados de la básica secundaria (9°) y los de inicio de la educación media (10°), en los que la mayoría de los docentes han realizado la integración en su práctica. Lo anterior concuerda con la importancia del componente práctico en estos niveles educativos, en los que se imparten las temáticas de las reacciones químicas y los procesos de titulación y valoración de soluciones, que se complementan con el trabajo experimental para su adecuada comprensión. Se tiene en cuenta así mismo que, en los grados iniciales de la educación básica secundaria prima el componente teórico, aparecen los menores porcentajes de las prácticas disponibles en los simuladores, al igual que la integración que han realizado los docentes en estos grados.

Los simuladores analizados permiten que los estudiantes diseñen la práctica de acuerdo con sus necesidades, sin seguir instrucciones de procedimientos predefinidos, y que tomen decisiones en función de los resultados buscados. Lo anterior convierte a los laboratorios virtuales en una herramienta clave a la hora de la práctica y por esto se ha potenciado su uso, ya que a diferencia de otras más esquemáticas, con el paso a paso establecido, permite al docente lograr objetivos de aprendizaje mediante unas estrategias didácticas activas que son llamativas para los estudiantes y que hacen que centre su atención en el resultado buscado.

Aunque los laboratorios virtuales han tenido avances en cuanto al nivel de representación de la realidad y cada vez se acercan más a representar un ambiente de simulación real, desde las instalaciones hasta el detalle de los instrumentos y procesos realizados, los resultados muestran que aún la mayoría de los laboratorios representan instrumentos en dos dimensiones (2D) y los ambientes de simulación no se asemejan a lo que se encuentra en un ambiente real de simulación. Lo anterior responde principalmente al uso didáctico que tienen estas herramientas, en las cuales es primordial mostrar lo que ocurre a nivel molecular de manera demostrativa en los procesos químicos, que no se aprecia durante las prácticas presenciales, pero también se relaciona con un tema económico, en el que desarrollar un ambiente de

simulación completo acarrea altos costos y deja de ser gratuito a medida que se acerca más a un laboratorio real, lo que restringe mayoritariamente el uso en las instituciones educativas que aún no ven a los laboratorio virtuales como una herramienta clave en la formación en competencias.

6.2. Conclusiones sobre los usos de los laboratorios virtuales de química en las prácticas docentes

Estos laboratorios les permiten a los docentes representar en gran medida los procesos que ocurren en una práctica convencional; igualmente, preparan a los estudiantes para enfrentarse a la realidad, les posibilitan cometer errores, repetir procesos, cambiar variables y observar diferentes resultados sin las implicaciones negativas que esto tendría en un laboratorio presencial. Sin embargo, no descartan el trabajo con los laboratorios presenciales, ya que son la base de la práctica de la química; por esto, los laboratorios virtuales se convierten en una estrategia más para la enseñanza de la asignatura, que complementa el trabajo práctico, pero de ninguna manera llega a reemplazar una práctica real, en un laboratorio físico.

En relación con lo anterior, el momento de la práctica docente en el que ellos creen que es más útil la integración de los laboratorios virtuales es la ejecución, porque está directamente vinculada con las prácticas de laboratorios convencionales. Además, poco se usa en la fase de planeación, en la que prima la indagación por saberes previos y la conceptualización. Se infiere que los laboratorios virtuales de química, aunque tienen múltiples actividades para los diferentes momentos de la clase, al simular lo que se realiza en un laboratorio presencial, llegan a tener una mayor utilidad en la fase de ejecución en la que se hacen importantes las prácticas, mientras que para los demás momentos se pueden trabajar por medio de otro tipo de herramientas o estrategias.

Al estudiar el alcance de los objetivos propuestos para la integración de los laboratorios virtuales, los docentes encuentran valores altos para dicho criterio ya que los simuladores son de muy fácil uso, con ambientes muy intuitivos y llamativos para los estudiantes. Sin embargo, se manifiesta preocupación respecto al alto grado de distracción de los estudiantes en los dispositivos electrónicos, que impide que las actividades evaluativas, por ejemplo, se puedan realizar adecuadamente y cumplir con el propósito para el cual fueron propuestas. Lo anterior responde a una falencia en la capacitación previa que deben tener los estudiantes ante el uso de las herramientas tecnológicas, que no esté enfocada únicamente en lo técnico, sino en las implicaciones éticas y sociales en un mundo digital.

No obstante, que las herramientas sean de fácil uso o que los dispositivos electrónicos se presten para algunas distracciones, no es una medida del éxito o fracaso en el momento de la integración de la

herramienta, ya que aquellos no establecen el alcance de los objetivos propuestos al integrar los laboratorios virtuales. Por el contrario, los docentes encontraron una mejor apropiación del conocimiento, mejores resultados en las evaluaciones y actividades posteriores a la integración, mejor desempeño en las prácticas presenciales con previa preparación con laboratorios virtuales y una mejora en los resultados de las pruebas externas, específicamente en el componente práctico y de diseño de la investigación científica, que asimilaron como muestra del alcance de los objetivos de la integración.

6.3. Conclusiones sobre las estrategias didácticas para la formación en competencias de química

En el momento de la selección de las ventajas que trae el uso de los laboratorios virtuales, los docentes encuentran que la generación de competencias no es representativa dentro de las que promueven la integración de los laboratorios virtuales de química. Sin embargo, al identificar dichas competencias, se encuentran acciones y actividades dentro de las procedimentales, epistemológicas, comunicativas y tecnológicas que se forman con el uso de los laboratorios virtuales. Esa contradicción responde, en gran medida, a que la integración de los simuladores está categorizada aún como una actividad que le da dinamismo a la clase y que es llamativa para los estudiantes y no como una estrategia didáctica, que permite la formación en distintos tipos de competencias, las cuales se hacen evidentes cuando el docente realiza una evaluación del proceso de integración.

Esta generación de competencias se logra con una efectiva integración de los laboratorios virtuales, que, de acuerdo con la percepción de los docentes, se puede lograr recurriendo a una estrategia didáctica como el aprendizaje basado en problemas y en un menor porcentaje con estrategias relacionadas con el juego o la lúdica. Lo anterior responde a la naturaleza de la práctica en la asignatura de química, en la que se busca investigar, demostrar, resolver un problema propuesto, que va de la mano con el aprendizaje basado en problemas y deja en un segundo plano la visión de los laboratorios virtuales como actividades para dinamizar o para jugar en el aula.

En cuanto a las acciones o actividades seleccionadas por los docentes, que evidencian la formación en competencias científicas, se destacan aquellas relacionadas con la generación del conocimiento científico, el fenómeno de estudio y el diseño de la investigación científica, respecto a un bajo porcentaje para aquellas alineadas con la identificación, selección y descripción de objetos e instrumentos. Lo anterior muestra que, aunque los laboratorios virtuales procuran simular cada vez mejor los instrumentos y ambientes de simulación, la integración y uso que le dan los docentes en los procesos de enseñanza se centran en la investigación científica y en el objeto de estudio. De esta manera, sin importar si el laboratorio es presencial o virtual, el foco de las prácticas no está sobre lo físico o tangible, sino sobre el

conocimiento que se puedan generar con aquel, sobreponiendo competencias procedimentales a la manipulación apropiada de instrumentos.

Recomendaciones

Como resultado del trabajo investigativo y analizando los hallazgos, vacíos y conclusiones, se plantean algunas recomendaciones en relación con los laboratorios virtuales de química y su uso en la práctica docente para la formación en competencias, las cuales están dirigidas a docentes, estudiantes, instituciones educativas, políticas públicas y futuros investigadores.

En cuanto a los docentes se les propone usar los laboratorios virtuales, en primera instancia, como una herramienta didáctica que aporta dinamismo y diversidad de las clases. También se recomienda su uso en la preparación y ensayo para la realización de prácticas en un laboratorio real. No se pretende, con esta recomendación, desestimar la realización de experimentos presenciales, ya que son fundamentales para la formación en competencias del área de ciencia naturales, pero el apoyo o complemento de los laboratorios virtuales pueden potenciar el trabajo práctico en química.

Además, para los docentes es claro que se trata de una herramienta tecnológica; por ende, su integración al aula se debe realizar con los objetivos de aprendizaje claramente definidos, con la claridad de la utilidad que tienen en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Sin lo anterior, puede traer efectos negativos para la formación de los estudiantes como la desconexión de los procesos reales de transformación de la materia, que ocurre en las reacciones químicas y más grave que eso, la exposición ante riesgos encontrados en la red.

De la misma manera, otra recomendación importante para los docentes es que indaguen y prueben la gran variedad de laboratorios virtuales de química que se encuentran disponibles, que como se pudo observar, presentan prácticas y actividades para los distintos grados y temáticas a desarrollar en cada uno de ellos. Además, periódicamente se van creando nuevas herramientas que pueden mejorar el quehacer docente y ayudar al alcance de los objetivos de aprendizaje planteados, no se debe desistir de la búsqueda y aplicación de los laboratorios; más bien, incursionar en el desarrollo o acondicionamiento de estos, de acuerdo a las necesidades que se presenten en el aula.

En cuanto a las recomendaciones para las directivas de las instituciones educativas, se centran en promover el uso de las TIC, especialmente para el área de laboratorios virtuales de química ya que aportan a la formación en competencias y permiten una diversidad en las estrategias didácticas que se adaptan a los diferentes modelos pedagógicos. Los laboratorios caracterizados muestran que un gran número de ellos son gratuitos, lo que lleva a que la inversión sea únicamente en la dotación o mantenimiento de equipos de cómputo y una conexión a internet, recursos con los cuales generalmente ya se cuenta.

Además, deben fortalecer la capacitación de los docentes y estudiantes, tanto en el manejo de las herramientas, como en la responsabilidad que tienen al usarlas.

Por otra parte, la recomendación para los estudiantes es que aprovechen la gran cantidad de herramientas que ofrecen las TIC para la educación, entre las cuales se pueden encontrar los laboratorios virtuales, no solo por requerimiento de los docentes en clase, sino como respuesta a la curiosidad y necesidad de conocer el mundo que los rodea. De la mano de esto, se recomienda indagar, promover y solicitar a los docentes este tipo de actividades ya que permitirá aumentar el número de prácticas de laboratorio que pueden realizar, mejorando las diferentes competencias del área.

La recomendación para los encargados de las políticas educativas en Colombia y países de la región es seguir orientando una integración de las TIC al aula, no solo desde la recomendación del uso de herramientas didácticas o la definición del currículo de las asignaturas del área de tecnología, sino también desde la transversalización de esta con las distintas áreas, por cuanto, como se muestra con el caso de los laboratorios virtuales, su uso logra la formación en diversas competencias, propias del área y tecnológicas, lo que responde a la necesidad de la educación actual y se evidencia con la evaluación integral mediante pruebas internacionales como PISA.

En relación con el vacío investigativo encontrado en el uso de laboratorios virtuales como preparación o trabajo previo a las prácticas presenciales de química, se recomienda a los investigadores en educación, que continúen el estudio de los laboratorios virtuales de química, enfocado en las consecuencias que tiene para la formación en competencias, que los estudiantes se preparen para las prácticas presenciales, mediante el trabajo con laboratorios virtuales. El alcance de objetivos de aprendizaje cuando se realizan prácticas presenciales podría aumentarse con la integración de los laboratorios virtuales, con todas las ventajas que estos presentan.

Junto a lo anterior, el estudio de la formación en competencias arroja que no solo las científicas se ven mejoradas con el uso de los laboratorios virtuales, sino que las comunicativas y por supuesto las tecnológicas también se ven favorecidas. Gracias a esto, se recomienda formular investigaciones encaminadas al empleo de los laboratorios virtuales en las diferentes asignaturas, en forma de programas interdisciplinarios que permitan complementar el trabajo práctico de la química, con asignaturas como lenguaje, tecnología y demás que se vean favorecidas por el desarrollo de competencias comunicativas tecnológicas.

Finalmente, para futuras investigaciones, se recomiendan proponer procesos de integración de los laboratorios virtuales en el currículo para el desarrollo de competencias, que tengan en cuenta los contextos específicos de cada región o país, y generen procesos de implementación para la formación de competencias científicas. Como resultado de lo anterior, estas investigaciones ser mediciones que determinen el desarrollo de competencias por el uso de los laboratorios virtuales de manera específica, y que se comparen con los demás procesos formativos llevados a cabo de manera paralela.

Referencias

- Achuthan, K., Kolil, V. K., & Diwakar, S. (2018). Using virtual laboratories in chemistry classrooms as interactive tools towards modifying alternate conceptions in molecular symmetry. *Education and Information Technologies, 23*(6), 2499-2515. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9727-1>
- Aktaş, İ., & Özmen, H. (2021). Assessing the performance of Turkish science pre-service teachers in a TPACK-practical course. *Education and Information Technologies, 27*(1), 3495-3528. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10757-z>
- Alsahhi, N. R., Eltahir, Mohd. E., & Al-Qatawneh, S. S. (2019). The effect of blended learning on the achievement of ninth grade students in science and their attitudes towards its use. *Heliyon, 5*(9), e02424. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02424>
- Alustiza, J., Betancur, G., Cortazzo, R., Hermo, G., & Rico, G. (2018). Las prácticas de enseñanza preprofesionales que incluyen experimentos mediados por TIC, en la formación inicial de profesores de Biología y Química: Primeras aproximaciones a una investigación en proceso. *TIC's: modelos de aprendizaje y prácticas pedagógicas, 12*, 1-20.
- Álvarez, A., & Cabrera, J. F. (2020). Requerimientos para el diseño de la experiencia de inmersión en laboratorios virtuales. *Kepes, 17*(22), 277-299. <https://doi.org/10.17151/kepes.2020.17.22.11>
- Amendola, D., Galassi, R., Schettini, C., & Borsini, I. (2020). A blended learning approach for general chemistry modules using a Moodle platform for first year academic students. *Journal of E-Learning and Knowledge Society, 16*(2), 61-72. <https://doi.org/10.20368/1971-8829/1135197>
- Ángel-Uribe, I. (2022). Transferencia de la formación pedagógica del profesorado universitario a las prácticas docentes. Una mirada desde la Universidad Pontificia Bolivariana [Tesis doctoral]. Universidad Autónoma de Madrid.
- Area-Moreira, M. (2010). El proceso de integración y uso pedagógico de las TIC en los centros educativos. Un estudio de casos. *Revista de Educación, 352*(2), 77-97.
- Arévalo, M. A., García, M. Á., & Hernández, C. A. (2019). Competencias TIC de los docentes de matemáticas en el marco del modelo TPACK: Valoración desde la perspectiva de los estudiantes. *Civilizar, 19*(36), 115-132. <https://doi.org/10.22518/usergioa/jour/ccsh/2019.1/a07>
- Arroba, M. F., & 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>
- Asunción, G. (2022). Estrategia didáctica para el aprendizaje significativo de la asignatura de matemática [Tesis de maestría]. Universidad Estatal del Sur de Manabí.

- Barak, M. (2007). Transition from traditional to ICT-enhanced learning environments in undergraduate chemistry courses. *Computers & Education*, 48(1), 30-43. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2004.11.004>
- Bejarano, J., & León, T. (2011). TIC: Una herramienta de apoyo para las clases de química basada en las competencias comunicativas. *P.P.D.Q. Boletín*, 47. <https://doi.org/10.17227/PPDQ.2011.num47.524>
- Boer, P. J., & Asino, T. I. (2022). Learning Design Experiences of the Namibian Teachers during the COVID-19 Pandemic: An Ethnographic Perspective. *TechTrends*, 66(1), 29-38. <https://doi.org/10.1007/s11528-021-00684-8>
- Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias. *Enseñar ciencias*, 1(9), 61-68.
- Caballer, M. J., Oñorbe, A., Gómez, C., Jiménez, M. A., Jorba, J., Pedrinaci, E., Pozo, J. I., Sanmartí, N., & Vilches, A. (1997). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. ICE/Horsori.
- Calderón, E. C., Flores, F. F., Gallegos, L. G., de la Cruz, G., Ramírez, J., & Castañeda, R. (2016). Laboratorios de ciencias en el bachillerato: Tecnologías digitales y adaptación docente. *Apertura, Revista de Innovación Educativa*, 8(1), 1-17.
- Cárdenas, Y. R., Morales, L. H., Pérez, Y. M., & Cabeza, J. C. V. (2021). Preparación del docente para la integración del laboratorio virtual con el laboratorio químico escolar. *Serie científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 14(1), 131-145.
- Carmona, J. A. G. (2020). Las simulaciones interactivas como recurso didáctico en la enseñanza y aprendizaje de la química [Tesis de maestría]. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Cataldi, Z., & Dominighini, C. (2012). TICs en la enseñanza de la Química: Propuesta de Evaluación Laboratorios Virtuales de Química (LVQs). *Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación*, 7, 50-59. <https://doi.org/doi.org/10.24215/18509959.0>
- Cely, L. N. (2018). Evaluación de los riesgos ocupacionales físicos y químicos en laboratorios de química de la UPTC [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia.
- Chan, P., Van Gerven, T., Dubois, J.-L., & Bernaerts, K. (2021). Virtual chemical laboratories: A systematic literature review of research, technologies and instructional design. *Computers and Education Open*, 2(1), 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100053>
- ChemCollective. (2020). *Resource Type: Virtual Labs*. <https://chemcollective.org/vlabs>

- Chona, G., Arteta, J., Martínez, S., Ibáñez, X., Pedraza, M., & Fonseca, G. (2006). ¿Qué competencias científicas promovemos en el aula? *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, 1(20), 62-79. <https://doi.org/10.17227/ted.num20-1061>
- Chong-Baque, P. G., & Marcillo-García, C. E. (2020). Estrategias pedagógicas innovadoras en entornos virtuales de aprendizaje. Innovative pedagogical strategies in virtual learning environments. Estratégias pedagógicas inovadoras em ambientes virtuais de aprendizagem. *Domino Las Ciencias*, 6(3), 56-77. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1274>
- Cisneros, W. A. (2013). Desarrollo de competencias científicas en estudiantes de grado 10 utilizando laboratorios virtuales de química [Tesis de maestría]. Instituto Tecnológico de Monterrey.
- CloudLabs. (2022). *A virtual learning environment*. <https://lms.cloudlabs.us/>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6th ed). Routledge.
- Coll, C. (2007). Las competencias en la educación escolar: Algo más que una moda y mucho menos que un remedio. *Aula de Innovación Educativa*, 1(161), 34-39.
- Copriady, J., Zulnaidi, H., Alimin, M., & Albeta, S. W. (2021). In-service training and teaching resource proficiency amongst Chemistry teachers: The mediating role of teacher collaboration. *Heliyon*, 7(5), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06995>
- Cornellà, P., Estebanell, M., & Brusi, D. (2020). Gamificación y aprendizaje basado en juegos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 28(1), 5-19.
- Creswell, J., & Plano, V. (2011). *Designing and Conducting Mixed Methods Research* (Third Edition). Sage.
- da Silva, R. A., & de Vasconcelos, F. C. G. C. (2022). Learning through chemistry simulations: An analysis of cognitive skill levels. *Education and Information Technologies*, 27, 6967-6987. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10911->
- Crocodile Clips Ltd. (2006). *Crocodile Chemistry* (Versión 6.05). [Software]
- Dave Yaron (2010). *Irydium Chemistry Lab* (Versión 1.6.4). [Software]
- Davini, M. C. (2015). *La formación en la práctica docente*. Paidós.
- Daza, E. P., Gras-Marti, A., Gras-Velázquez, À., Guevara, N. G., Togasi, A. G., Joyce, A., Mora-Torres, E., Pedraza, Y., Ripoll, E., & Santos, J. (2009). Experiencias de enseñanza de la química con el apoyo de las TIC. *Educación Química*, 20(3), 320-329. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30032-6](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30032-6)
- de Jong, T., Gillet, D., Rodríguez-Triana, M. J., Hovardas, T., Dikke, D., Doran, R., Dziabenko, O., Koslowsky, J., Korventausta, M., Law, E., Pedaste, M., Tasiopoulou, E., Vidal, G., & Zacharia, Z. C. (2021). Understanding teacher design practices for digital inquiry-based science learning: The case of Go-

- Lab. *Educational Technology Research and Development*, 69(2), 417-444.
<https://doi.org/10.1007/s11423-020-09904-z>
- De la Flor, D., Calles, J. A., Espada, J. J., & Rodríguez, R. (2020). Application of escape lab-room to heat transfer evaluation for chemical engineers. *Education for Chemical Engineers*, 33, 9-16.
<https://doi.org/10.1016/j.ece.2020.06.002>
- DeCoito, I., & Estaiteyeh, M. (2022). Online teaching during the COVID-19 pandemic: Exploring science/STEM teachers' curriculum and assessment practices in Canada. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 4(8), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s43031-022-00048-z>
- Delgado, C. (2021). Estrategias didácticas para fortalecer el pensamiento creativo en el aula. Un estudio metaanalítico. *Revista Innova Educación*, 4(1), 51-64.
<https://doi.org/10.35622/j.rie.2022.01.004.en>
- Díaz-Sainz, G., Pérez, G., Gómez-Coma, L., Ortiz-Martínez, V. M., Domínguez-Ramos, A., Ibañez, R., & Rivero, M. J. (2021). Mobile learning in chemical engineering: An outlook based on case studies. *Education for Chemical Engineers*, 35, 132-145. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.01.013>
- Díaz-Vera, J. P., Ruiz-Ramírez, A. K., & Egüez-Cevallos, C. (2021). Impacto de las TIC: Desafíos y oportunidades de la Educación Superior frente al COVID-19. *Revista Científica UISRAEL*, 8(2), 113-134. <https://doi.org/10.35290/rcui.v8n2.2021.448>
- Docentes en la Química. (2020). *Conversación* [grupo de Facebook]. Facebook. Recuperado el 18 de septiembre de 2023 de <https://www.facebook.com/groups/337001987681157>
- Dockstader, J. (1999). Teachers of the 21st Century Know the What, Why, and How of Technology Integration. *T.H.E. Journal*, 26(6), 73-74.
- Doerner, R., & Horst, R. (2022). Overcoming challenges when teaching hands-on courses about Virtual Reality and Augmented Reality: Methods, techniques and best practice. *Graphics and Visual Computing*, 6, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.gvc.2021.200037>
- Donnelly, D., McGarr, O., & O'Reilly, J. (2011). A framework for teachers' integration of ICT into their classroom practice. *Computers & Education*, 57(2), 1469-1483.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.02.014>
- Dorio Alcaraz, I., Massot Lefon, I., & Sabriego Puig, M. (2019). Estrategias de recogida y análisis de la información. En R. Bisquerra (ed.), *Metodología de la investigación educativa* (sexta edición, pp. 329-366). La Muralla.
- Educaplus. (1998). *Química*. <https://www.educaplus.org/games/quimica>

- Efstathiou, C., Hovardas, T., Xenofontos, N. A., Zacharia, Z. C., deJong, T., Anjewierden, A., & van Riesen, S. A. N. (2018). Providing guidance in virtual lab experimentation: The case of an experiment design tool. *Educational Technology Research and Development*, 66(3), 767-791. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9576-z>
- Escobar, O. A., & García, C. A. (2019). Uso didáctico del laboratorio virtual y su influencia en el aprendizaje de las unidades químicas de masa por competencias en estudiantes de los grados 10 y 11 en la institución educativa Fe y Alegría Aures de Medellín, 2015 [Tesis de maestría]. Universidad Norbert Wiener.
- Espinosa-Ríos, E. A., González-López, K. D., & Hernández-Ramírez, L. T. (2016). Las prácticas de laboratorio: Una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Entramado*, 12(1), 266-281. <https://doi.org/10.18041/entramado.2016v12n1.23125>
- Farré, A. S. (2020). Enseñar química en tiempos anormales. *Educación en la Química en Línea*, 26(1), 49-64.
- Fernandes, G. W. R., Rodrigues, A. M., & Ferreira, C. A. (2020). Professional Development and Use of Digital Technologies by Science Teachers: A Review of Theoretical Frameworks. *Research in Science Education*, 50(2), 673-708. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9707-x>
- Fogarty, R. (1991). Ten Ways to Integrate Curriculum. *Educational Leadership*, 1(2), 61-65.
- Furberg, A. (2016). Teacher support in computer-supported lab work: Bridging the gap between lab experiments and students' conceptual understanding. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 11(1), 89-113. <https://doi.org/10.1007/s11412-016-9229-3>
- García, M., Adames, J., & Soledad, B. (2021). Educación con presencialidad remota en laboratorios de física y química en época del coronavirus. *Docencia Universitaria*, XXI(1), 8-27.
- González, E. (2015). Estudio de casos como estrategia didáctica en la formación del estudiantado de Bibliotecología. *e-Ciencias de la Información*, 5(2), 1-14. <https://doi.org/10.15517/eci.v5i2.19736>
- Hu-Au, E., & Okita, S. (2021). Exploring Differences in Student Learning and Behavior Between Real-life and Virtual Reality Chemistry Laboratories. *Journal of Science Education and Technology*, 30(6), 862-876. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09925-0>
- Hurtado. (2007). *Laboratorio Virtual*. <https://labovirtual.blogspot.com/p/quimica.html>
- Hurtado, A. K., Serna, M. L., & Madueño, M. L. (2015). Práctica docente del profesor universitario: Su contexto de aprendizaje. *Profesorado. Revista de currículum y formación de profesorado*, 19(2), 215-224.

- Igboanugo, D. B. I. (2020). Efficacy of integrating information communication technology (ICT) in teaching method for effective chemistry curriculum delivery. *International Journal of Education (IJE)*, 2(1), 1-10.
- Iyamuremye, A., Mukiza, J., Nsabayezu, E., Ukobizaba, F., & Ndiokubwayo, K. (2021). Web-based discussions in teaching and learning: Secondary school teachers' and students' perception and potentiality to enhance students' performance in organic chemistry. *Education and Information Technologies*, 27, 2695-2715. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10725-7>
- Jagodziński, P., & Wolski, R. (2015). Assessment of Application Technology of Natural User Interfaces in the Creation of a Virtual Chemical Laboratory. *Journal of Science Education and Technology*, 24(1), 16-28. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9517-5>
- Jiménez, C. I. (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 19(62), 917-937.
- Ke, F., Dai, Z., Pachman, M., & Yuan, X. (2021). Exploring multiuser virtual teaching simulation as an alternative learning environment for student instructors. *Instructional Science*, 49(6), 831-854. <https://doi.org/10.1007/s11251-021-09555-4>
- Kefalis, C., & Drigas, A. (2019). Web Based and Online Applications in STEM Education. *International Journal of Engineering Pedagogy (ijEP)*, 9(4), 76-86. <https://doi.org/10.3991/ijep.v9i4.10691>
- Kolil, V. K., Muthupalani, S., & Achuthan, K. (2020). Virtual experimental platforms in chemistry laboratory education and its impact on experimental self-efficacy. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00204-3>
- Kumala, R., Wardani, S., Wijayati, N., & Sumarni, W. (2019). Demand of ICT-based chemistry learning media in the disruptive era. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 8(2), 265-270. <https://doi.org/10.11591/ijere.v8i2.17107>
- Lameras, P., Arnab, S., de Freitas, S., Petridis, P., & Dunwell, I. (2021). Science teachers' experiences of inquiry-based learning through a serious game: A phenomenographic perspective. *Smart Learning Environments*, 8(7), 1-25. <https://doi.org/10.1186/s40561-021-00152-z>
- Leite, A. C. B., & Leite, M. A. B. (2013). Implantación de las TIC en la materia de química inorgánica. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 18.
- Ley General de Educación, Pub. L. No. 28044 (2003).
- Ley 1341, Pub. L. No. 1341 (2009).
- Ley General de Educación, Pub. L. No. 20.370, 32 (2009).

- Llorente, J. A. L., & Pacheco, T. D. (2021). *Mediación de las TIC en las prácticas de laboratorio de la institución educativa Sebastián Sánchez* [Tesis de maestría]. Fundación Universitaria Los Libertadores.
- López, A. M., & Tamayo, Ó. E. T. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 8(1), 145-166.
- Macías, D. J., & Cevallos, H. A. (2021). Estrategia didáctica para la virtualidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química. *Polo de Conocimiento*, 6(11), 1515-1535. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i11.3342>
- Martínez, A. (1999). El estudio de casos como técnica didáctica, estudio de una experiencia en la enseñanza universitaria. *Innovación Educativa*, 1(9), 25-53.
- Martínez-Argüello, L. D., Hinojo-Lucena, F. J., & Díaz, I. A. (2018). Aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en los Procesos de Enseñanza-Aprendizaje por parte de los Profesores de Química. *Información tecnológica*, 29(2), 41-52. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000200041>
- Maslennikova, N. N., Gibadulina, I., & Gafiyatullina, E. A. (2020). Development of special chemistry skills in the university vocational training system of the students. *Periódico Tchê Química*, 17(36), 1127-1147. <https://doi.org/10.52571/PTQ.v17.n36.2020.1142>
- Meneses, G. A., & Ordosgoitia, C. E. (2009). Laboratorio virtual basado en la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas, ABP. *Revista Educación en Ingeniería*, 7, 62-73.
- Meza, L. U., & Núñez, J. P. L. (2018). Propuesta metodológica para incentivar el uso de las TIC en la enseñanza de la química en el contexto escolar. *INTERNATIONAL JOURNAL EDUCATION AND TEACHING (PDVL) ISSN 2595-2498*, 1(01), 11. <https://doi.org/10.31692/2595-2498.v1i01.23>
- Ministerio de Educación Nacional. (2015). Orientaciones para la construcción en los establecimientos educativos del manual de normas de seguridad en el laboratorio de química y de física. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355749_recurso_normatividad.pdf
- Model Science Software (2006). *Chemlab* (Versión 2.4). [Software]
- Nechypurenko, P. P., Starova, T. V., Selivanova, T. V., & Tomilina, A. O. (2019). Use of Augmented Reality in Chemistry Education. *Педагогіка Вищої Та Середньої Школи*, 51, 25-36.
- Nsabayezu, E., Iyamuremye, A., Kwitonda, J. de D., Kwitonda, J. de D., & Mboniyirivuze, A. (2020). Teachers' perceptions towards the utilization of WhatsApp in supporting teaching and learning of chemistry during COVID-19 pandemic in Rwandan secondary schools. *African Journal of*

Educational Studies in Mathematics and Sciences, 16(2), 83-96.

<https://doi.org/10.4314/ajesms.v16i.2.6>

Objetos UNAM. (2013). *Química*. <http://objetos.unam.mx/>

OCDE. (2006). El programa PISA de la OCDE. ¿Qué es y para qué sirve? OCDE.

OCDE. (2017). Marco de evaluación y de análisis de PISA para el desarrollo: Lectura, matemáticas y ciencias (versión preliminar). OECD Publishing.

OCDE. (2019). PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do. OCDE. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>

Olabs. (2011, marzo 1). *Chemistry*. <https://www.olabs.edu.in/?pg=topMenu&id=41>

Ortiz, Santos, L., & Rodríguez. (2020). Estrategias didácticas en entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje universitarios. *Opuntia Brava*, 12(4), 68-83.

Osorio, P. A. O., Ángel, M. B., & Franco, A. (2012). El uso de simuladores educativos para el desarrollo de competencias en la formación universitaria del pregrado. *Revista Q*, 7(13), 23.

Ospina, E. O. (2018). Percepciones docentes respecto a la educación mediada por TIC en relación con la calidad en el Centro Educativo Rural Claudina Múnera. Universidad Pontificia Bolivariana.

Papadimitropoulos, N., Dalacosta, K., & Pavlatou, E. A. (2021). Teaching Chemistry with Arduino Experiments in a Mixed Virtual-Physical Learning Environment. *Journal of Science Education and Technology*, 30(4), 550-566. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09899-5>

Pardo, A. S., & Vázquez, J. L. M. (2005). El uso de los laboratorios virtuales en la asignatura de bioquímica como alternativa para la aplicación de tecnologías de la información y la comunicación. 1, 14.

Parlamento Europeo. (2006, diciembre 30). Competencias clave para el aprendizaje permanente. Un marco de referencia europeo. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 49(1), 19.

Peñata, A., Camargo, E., & García, L. F. (2016). Implementación de simulaciones virtuales en la enseñanza de la física y la química para la educación media de la subregión de Urabá, Antioquia [Tesis de maestría]. Universidad Pontificia Bolivariana.

Person (2022). *Virtual Chemlab* (Versión 1.0). [Software]

Perales, F. J. (1994). Los trabajos prácticos y la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), 122-125.

PHET. (2002). *Simulaciones*.

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/filter?subjects=chemistry&type=html,prototype>

- Piassentini, M. J., & Ocelli, M. (2012). Caracterización de laboratorios virtuales para la enseñanza de ingeniería genética. *X Jornadas Nacionales. V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*, 671-677.
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants Part 2: Do They Really Think Differently? *On the Horizon*, 9(6), 1-6. <https://doi.org/10.1108/10748120110424843>
- Profesores de Física / Química. (2020). *Conversación* [grupo de Facebook]. Facebook. Recuperado el 6 de noviembre de 2022 de <https://www.facebook.com/groups/310233947095804>
- Radhamani, R., Kumar, D., Nizar, N., Achuthan, K., Nair, B., & Diwakar, S. (2021). What virtual laboratory usage tells us about laboratory skill education pre- and post-COVID-19: Focus on usage, behavior, intention and adoption. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10583-3>
- RedDOLAC. (2022). *RedDOLAC - Red de Docentes de América Latina y del Caribe* - [Red de Docentes]. Foro. Recuperado el 6 de noviembre de 2022 de <https://reddolac.org/forum>
- Reyes-Salvador, J. (2017). La planeación de clase; una tarea fundamental en el trabajo docente. *Maestro y Sociedad*, 14(1).
- Ripoll, V., Godino-Ojer, M., & Calzada, J. (2021). Teaching chemical engineering to biotechnology students in the time of COVID-19: Assessment of the adaptation to digitalization. *Education for Chemical Engineers*, 34, 21-32. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2020.11.001>
- Rodríguez-Rivero, Y., Molina-Padrón, V., Martínez-Rodríguez, M., & Molina-Rodríguez, J. (2014). El proceso de enseñanza-aprendizaje de la química general con el empleo de laboratorios virtuales. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 5(1), 67-79.
- Rutten, N., Van Joolingen, W. R., & Van Der Veen, J. T. (2012). The learning effect of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58, 136-153. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>
- Sánchez, J. H. (2002). Integración curricular de las TICs: Conceptos e Ideas. *Departamento de las Ciencias de la Computación, Universidad de Chile*, 1(1), 6.
- Sandoval, M. J., Mandolesi, M. E., & Cura, R. O. (2013). Estrategias didácticas para la enseñanza de la química en la educación superior. *Educación y Educadores*, 16(1), 126-138. <https://doi.org/10.5294/edu.2013.16.1.8>
- Santiago, D. E., & Pulido-Melián, E. (2020). Prácticas de laboratorio en la formación a distancia: Un caso práctico. 8.

- Seifan, M., Robertson, N., & Berenjian, A. (2020). Use of virtual learning to increase key laboratory skills and essential non-cognitive characteristics. *Education for Chemical Engineers*, 33, 66-75. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2020.07.006>
- Simó, V. L., Lagarón, D. C., Rodríguez, C. S., Espeja, A. G., & Álvaro, C. G. (2017). El papel de las TIC en la enseñanza de las ciencias en secundaria desde la perspectiva de la práctica científica. *Enseñanza de las ciencias, Extraordinario*, 691-697.
- Sibeas Soft (2002). *VLabQ* (Versión 1.0). [Software]
- Soto, J. C., Franco, M. L., & Giraldo, J. C. (2015). Desarrollo de una metodología para integrar las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) en las IE (Instituciones Educativas) de Montería. *Zona Próxima*, 21, 34-51. <https://doi.org/10.14482/zp.21.5780>
- Tisoglu, S., Cagiltay, K., & Kursun, E. (2021). Adoption of online multimedia resources in a general chemistry laboratory course context: A case study. *E-Learning and Digital Media*, 18(2), 185-208. <https://doi.org/10.1177/2042753020954968>
- Tsybulsky, D., & Levin, I. (2019). Science teachers' worldviews in the age of the digital revolution: Structural and content analysis. *Teaching and Teacher Education*, 86, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2019.102921>
- Unesco. (2000). *Informe de la reunión de expertos sobre laboratorios virtuales*. Unesco. <https://unesdoc.unesco.org/images/0011/001191/119102s>
- Vázquez, G., & Martínez, M. (1997). Límites y posibilidades actuales de las nuevas tecnologías. *Tecnologías y formación permanente*, 1(1), 53-107.
- Vera, M. I., Montiel, G. M., Stoppello, M. G., IGiménez, L., & Petris, R. H. (2015). *Experiencia de incorporación de TIC en la enseñanza y aprendizaje de Química en la UNNE*. 8.
- Verastegui, A. V. (2021). Uso didáctico del laboratorio virtual y su influencia en el aprendizaje por competencias de soluciones químicas en estudiantes de la Universidad Continental 2020 [Tesis de maestría]. Repositorio Institucional Continental.
- Verdugo-González, R. C., García-Herrera, D. G., Mena-Clerque, S. E., & Erazo-Álvarez, J. C. (2020). Ejecución de una clase dentro del aula y en la virtualidad. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 5(1), 392-410. <https://doi.org/10.35381/r.k.v5i1.789>
- Vergara, D., Fernández-Arias, P., Extremera, J., Dávila, L. P., & Rubio, M. P. (2022). Educational trends post COVID-19 in engineering: Virtual laboratories. *Materials Today: Proceedings*, 49(1), 155-160. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.494>
- Vlabs Amrita. (2023). *Chemical Sciences*. <https://vlab.amrita.edu/?sub=2>

- Wijayanti, J. D., & Ikhsan, J. (2019). Virtual Reality Laboratory for Chemistry Education: The Effect of VR-Lab Media on Student's Cognitive Outcome. *Promoting Science for Technology & Education Advancement*, C-10-C16.
- Zompero, A., Parga, D., Werner, C., & Vildosola, X. (2022). Competencias científicas en los currículos de Ciencias Naturales: Estudio comparativo entre Brasil, Chile y Colombia. *Praxis & Saber*, 13(34), e13401. <https://doi.org/10.19053/22160159.v13.n34.2022.13401>
- Zúñiga-Meléndez, A., Durán-Apuy, A., Chavarría-Vásquez, J., Gamboa-Araya, R., Carballo-Arce, A. F., Vargas-González, X., Campos-Quesada, N., Sevilla-Solano, C., & Torres-Salas, I. (2020). Diagnóstico de las necesidades de capacitación de docentes de biología, química, física y matemática, en áreas disciplinares, pedagógicas, y uso de las tecnologías para la promoción de habilidades de pensamiento científico. *Revista Electrónica Educare*, 24(3), 1-29. <https://doi.org/10.15359/ree.24-3.23>

Anexos

Anexo 1. Ítems de la matriz de observación

Generalidades

1. Nombre del simulador
2. Enlace del simulador
3. Imagen de la interfase del simulador

Aspectos técnicos del simulador

4. Grado(s) de básica secundaria y media al cuál aplique
 - 6°
 - 7°
 - 8°
 - 9°
 - 10°
 - 11°

5. Temáticas que se pueden trabajar mediante el simulador
- Estructura atómica
 - Mezclas y separación de mezclas
 - Formación de óxidos, hidróxidos y ácidos
 - Reactivo límite y en exceso
 - Reacciones ácido-base
 - Titulación, valoración y neutralización
 - Formación de compuestos orgánicos
 - Reacciones de formación de compuestos orgánicos
 - Otras
6. ¿Requiere registro, crear usuario o enlazar con correo o red social?
- Si
 - No

Naturaleza del simulador

7. Posibilidad de adaptación del simulador a distintas situaciones
- Adaptable
 - Predeterminado con situaciones específicas
 - Describa las situaciones presentadas para justificar la respuesta seleccionada

Tipos de simulación

8. Objetivo didáctico que permite lograr el laboratorio
- Laboratorio problemas-cuestión (actividades para reforzar aplicar conceptos entregados en la clase teórica)
 - Laboratorios problemas-ejercicios (generación de competencias de componentes prácticos como manejo de instrumentos o preparación de materiales)
 - Laboratorios problemas-investigación (aplicación de método científico y metodologías de investigación)
9. Tipo de simulaciones que se encuentra en ese ambiente
- Resolutivas (solución de fórmulas y cálculos)
 - Expositivas (presentación de contenidos)
 - Interactivas (estudio de fenómenos, cambio de variable, análisis, etc.)
 - Describa el tipo de actividades encontradas que le permite realizar la clasificación anterior
10. Por su carácter metodológico
- Cerrados: Seguir una receta
 - Abiertos: El estudiante plantea todo a partir del fenómeno que se va a estudiar
 - Semicerrados o semiabiertos: Intermedio entre abiertos y cerrados.

Tipos de laboratorios virtuales teniendo en cuenta aspectos técnicos

- 11.** Grado en que reproduce la realidad del laboratorio
- Nivel 1: Representa fenómenos de estudio mediante simbología
 - Nivel 2: Representa algunos instrumentos y fenómenos mediante simbología
 - Nivel 3: Logra imitar algunos instrumentos y fenómenos, los otros mediante simbología.
 - Nivel 4: Logra imitar algunos instrumentos, artefactos y fenómenos
 - Nivel 5: Logra imitar instrumentos, artefactos y fenómenos
- 12.** Grado de interactividad del laboratorio, donde 1 es muy poco interactivo (solo un observador después del primer clic) y 5 es muy interactivo (todo depende de decisiones del usuario).
- 1 (Muy poco interactivo)
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5 (Muy interactivo)
- 13.** Grado de realismo que presenta el laboratorio virtual
- Alto (imágenes en 3D, similar a uno presencial)
 - Medio (imágenes en 2D y procede como práctica real)
 - Bajo (procedimientos predefinidos, muchos pasos o uno)
 - Describa el ambiente de simulación en cuanto al grado de realismo, describiendo la situación encontrada en comparación con lo que sería un laboratorio presencial o físico.

Tipos de laboratorios virtuales teniendo en cuenta aspectos pedagógicos y didácticos

- 14.** Nivel de acceso al recursos y contenidos externos, que permite el laboratorio virtual
- Alto (Enlaces para ingresar información como hipótesis y conclusiones)
 - Medio (Enlaces externos para consulta de información)
 - Bajo (No se enlaza con contenidos externos)
- 15.** Nivel de evaluación y retroalimentación que permite el laboratorio virtual
- Alto (Presenta preguntas y soluciones de manera automática)
 - Medio (Presenta errores de procedimiento, retroalimenta la práctica)
 - Bajo (Los errores terminan las prácticas, pero no se caracterizan)

Fases o momentos de la práctica docente

- 16.** Momentos y fases de la práctica docente se pueden integrar el laboratorio virtual
- Planeación (diagnóstico de aprendizaje, indagación por saberes previos, identificación de competencias a generar)
 - Ejecución (explicación de fenómenos, planteamiento y solución de problemas, facilitación de actividades de clase, interacción entre estudiantes y docente)
 - Evaluación (reconocimiento de dificultades y logros, reorientación de los procedimientos, aplicación de pruebas, generación de conclusiones)

Observaciones generales o específicas del laboratorio

Anexo 2. Cuestionario de la encuesta

INTEGRACIÓN DE LABORATORIOS VIRTUALES DE QUÍMICA PARA LA FORMACIÓN EN COMPETENCIAS DEL ÁREA DE ESTUDIANTES DE BÁSICA SECUNDARIA Y MEDIA

Esta encuesta está enfocada en estudiar las respuestas de los docentes en cuanto a la integración de los laboratorios virtuales de química en las diferentes fases de la práctica docente y las estrategias didácticas a través de las cuales se hace dicha integración para la generación de las competencias del área. Este instrumento hace parte del trabajo del grado de Oscar Alonso Hernández Ortiz, aspirante al título de Maestría en Educación de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín.

*** Indica que la pregunta es obligatoria**

El diligenciamiento de esta encuesta es de carácter voluntario, a la información recolectada se le dará un trato confidencial en todo el proceso del trabajo de grado. Los resultados tendrán un uso netamente académico. ¿Está de acuerdo con continuar con la encuesta?

Marca solo un óvalo.

Sí

No

Información personal

Recuerde que la información suministrada se usará únicamente con fines académicos y todos los datos entregados serán confidenciales.

1. Nombre completo

2. País donde ejerce la docencia de la química *

3. ¿En cuáles grados de la básica secundaria o media ha implementado los laboratorios virtuales de química? *(Entre paréntesis se relaciona la edad aproximada que tienen los estudiantes de este grado).*

Puede seleccionar más de una respuesta.

Selecciona todos los que correspondan.

Sexto (12 años)

Séptimo (13 años)

Octavo (14 años)

Noveno (15 años)

Décimo (16 años)

Undécimo (17 años)

4. ¿Cuántos años lleva ejerciendo la docencia de la química? *

Marca solo un óvalo.

1 a 3 años

4 a 7 años

7 a 10 años

más de 10 años

Descripción e integración de los laboratorios virtuales de química mediante estrategias didácticas

Responda las preguntas teniendo en cuenta la estrategia didáctica mediante la cual se realizó la integración de los laboratorios virtuales a las diferentes fases de la práctica docente.

5. ¿Cuál(es) de los siguientes simuladores de laboratorios virtuales de química ha integrado a sus clases o actividades? *Seleccione máximo 3, los que ha usado con mayor frecuencia.*

Selecciona todos los que correspondan.

Phet Colorado

ChemCollective

CloudLabs

Educaplus

OLabs

Chemlabs

Objetos UNAM

VLabQ

Crocodile Chemistry

Otro

6. ¿Cuál fue la principal motivación que tuvo para integrar laboratorios virtuales de química a sus clases o actividades?

Marca solo un óvalo.

- Falta de recursos e infraestructura en la institución educativa
- Educación remota
- Seguridad y tiempo de desarrollo
- Mayores facilidades didácticas
- Exigencias de los directivos de la institución educativa
- Políticas del país para la integración de tecnologías en la educación
- Otro:

7. Seleccione el nivel de usabilidad (capacidad de ser comprendido, aprendido y usado) cuando se enfrentó por primera vez a la herramienta, donde 1 es de muy fácil uso (sin capacitación previa) y 5 es muy poco usable y requiere de capacitación profesional para el uso de la herramienta.

Marca solo un óvalo.

- 1 - De muy fácil uso y sin capacitación previa.
- 2 - El usuario puede ir descubriendo funciones a medida que usa la herramienta.
- 3 - Tiene algunas funciones intuitivas, pero requiere algún tipo de capacitación.
- 4 - El usuario no puede completar todas las tareas sin una capacitación previa.
- 5 - Muy poco usable y requiere capacitación previa.

8. ¿En qué momento o fase de su práctica docente **ha integrado** los laboratorios virtuales de química?

Puede seleccionar más de una respuesta.

Selecciona todos los que correspondan.

- Planeación (diagnóstico de aprendizaje, indagación por saberes previos, identificación de competencias a generar)
- Ejecución (explicación de fenómenos, planteamiento y solución de problemas, facilitación de actividades de clase, interacción entre estudiantes y docente)
- Evaluación (reconocimiento de dificultades y logros, reorientación de los procedimientos, aplicación de pruebas, generación de conclusiones)

9. ¿En qué momento o fase de su práctica docente **crea que tienen mayor utilidad** los laboratorios virtuales de química? *Puede seleccionar más de uno en caso de ser necesario*

Selecciona todos los que correspondan.

- Planeación (diagnóstico de aprendizaje, indagación por saberes previos, identificación de competencias a generar)
- Ejecución (explicación de fenómenos, planteamiento y solución de problemas, facilitación de actividades de clase, interacción entre estudiantes y docente)
- Evaluación (reconocimiento de dificultades y logros, reorientación de los procedimientos, aplicación de pruebas, generación de conclusiones)

10. Seleccione las 3 principales temáticas del área para las que ha utilizado laboratorios virtuales de química.

Selecciona todos los que correspondan.

- Estructura de la materia
- Estados de la materia
- Mezclas y separación de mezclas
- Propiedades de la materia
- Reacciones químicas
- Nomenclatura y formulación química
- Formación de óxidos, hidróxidos, ácidos y sales
- Estequiometría (conversión gramos-moles, balanceo de ecuaciones)
- Leyes de los gases
- Propiedades ácido - base
- Soluciones acuosas y pH
- Procesos de titulación, valoración y neutralización
- Propiedades químicas y formación de compuestos orgánicos
- Otro:

11. ¿Con cuál(es) de las siguientes estrategias didácticas **ha integrado** los laboratorios virtuales a sus clases? *Puede seleccionar más de una en caso de ser necesario.*

Selecciona todos los que correspondan.

- Aprendizaje basado en problemas (Planteamiento de un problema en clase, generalmente del entorno del estudiante y uso del laboratorio para encontrar solución).
- Gamificación (Activación de conocimientos previos y organización de la información con juegos y recursos lúdicos).
- Estudios de caso (Se trabaja a partir de un caso que describe una situación similar a realidad con criterios para ser valorada a través de una simulación del sistema real).
- No ha usado ninguna estrategia didáctica para integración de simuladores de laboratorios de química.
- Otro:

12. Teniendo en cuenta la pregunta anterior, ¿por qué seleccionó esa estrategia didáctica para la integración de simuladores de laboratorio de química? o en caso de no haber usado ninguna estrategia didáctica ¿por qué no lo ha hecho?

13. De acuerdo con los objetivos planteados al integrar los laboratorios virtuales en las fases del proceso de aprendizaje, seleccione el nivel de cumplimiento de dichos objetivos, donde 1 es que no se lograron los objetivos y 5 que se lograron todos los objetivos propuestos.

Marca solo un óvalo.

1. No se alcanzaron los objetivos planteados en la integración.
2. Se alcanzó un mínimo de los objetivos planteados en la integración.
3. Se lograron parcialmente los objetivos de la integración.
4. Se alcanzaron la mayoría de los objetivos de la integración.
5. Se alcanzaron todos los objetivos propuestos en la integración.

14. En el proceso de integración de los laboratorios virtuales, seleccione los tres (3) principales **inconvenientes o dificultades** que se encontró.

Selecciona todos los que correspondan.

- Falta de capacitación de estudiantes en TIC (tecnologías de la información y la comunicación)
- Falta de capacitación de docentes en TIC (tecnologías de la información y la comunicación)
- Poco realismo en los laboratorios virtuales
- Desinterés de parte de los estudiantes por el uso de los simuladores de laboratorio de química
- Falta de infraestructura tecnológica a la hora de la integración de los laboratorios virtuales
- Baja autonomía de los estudiantes en el trabajo práctico (el laboratorio tenía los procedimientos predefinidos)
- Dificultad en la interpretación y análisis de los resultados del laboratorio por parte de los estudiantes
- Otro:

15. Teniendo en cuenta los inconvenientes o dificultades presentados en la integración de laboratorios virtuales, ¿considera que los simuladores de laboratorios de química aportan significativamente al desarrollo de las temáticas?

Marca solo un óvalo.

Sí

No

16. Explique la respuesta anterior.

17. ¿Cuáles de las siguientes considera que son las tres (3) principales **ventajas** de usar simuladores de laboratorios de química para el desarrollo de las temáticas?

Selecciona todos los que correspondan.

Mayor dinamismo en las clases

- Mayor apropiación de las temáticas por parte de los estudiantes
- Diversidad de actividades en las diferentes etapas del desarrollo de las temáticas
- Aumento de del interés de los estudiantes por el tema en desarrollo
- Desarrollo de competencias generales y específicas del área
- Solución de los inconvenientes que presentan los laboratorios físicos y presenciales (seguridad, infraestructura, tiempo de desarrollo, repetición de prácticas)
- Otro: _____

Salta a la pregunta 19

Generación de competencias en los estudiantes a través de la integración de los laboratorios virtuales de química.

Responda las siguientes preguntas teniendo en cuenta el objetivo con el cual integró los simuladores de laboratorios de química en función de de las competencias que se pretendía promover en los estudiantes. Tener en cuenta que las competencias aquí relacionadas están en función de las que define la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) para evaluar mediante las pruebas PISA, común denominador en los países de la región.

18. El Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) define la competencia científica como la habilidad para interactuar en cuestiones relacionadas con la ciencia y con las ideas de la ciencia, como un ciudadano reflexivo. **En el marco de esta, se definen tres tipos de competencias científicas ¿Cuál o cuáles de las siguientes cree que se pueden formar con la integración de los laboratorios virtuales de química en el aula?**

Selecciona todos los que correspondan.

- Explicar fenómenos científicamente: reconocer, ofrecer y evaluar explicaciones para una serie de fenómenos naturales y tecnológicos.
- Interpretar datos y pruebas científicamente: analizar y evaluar datos, alegaciones y argumentos en una variedad de representaciones y sacar conclusiones científicas adecuadas.
- Evaluar y diseñar la investigación científica: describir y evaluar las investigaciones científicas y proponer formas de abordar científicamente las cuestiones.
- Ninguna de las anteriores

19. ¿Cuáles de las siguientes actividades y acciones se pueden realizar para **explicar fenómenos científicamente** con el uso de los laboratorios virtuales de química en el aula? *Seleccione, como máximo, las tres (3) que considere más importantes.*

Selecciona todos los que correspondan.

- Identificar los elementos de una representación de un fenómeno de estudio
- Aplicar conocimientos científicos que el estudiante haya adquirido previamente
- Identificar qué prueba respalda una hipótesis o afirmación realizada
- Dar explicaciones descriptivas de las propiedades de objetos y sustancias
- Hacer y justificar predicciones e hipótesis que respondan al objeto de estudio
- Explicar las implicaciones potenciales del conocimiento científico adquirido para la sociedad
- Desarrollar modelos científicos para construir representaciones y explicar fenómenos cotidianos
- Otro: _____

20. ¿Cuáles de las siguientes actividades y acciones se pueden realizar para **interpretar datos y pruebas científicamente** con el uso de los laboratorios virtuales de química en el aula? *Seleccione, como máximo, las tres (3) que considere más importantes.*

Selecciona todos los que correspondan.

- Evaluar los argumentos y pruebas científicas de diferentes fuentes
- Concluir sobre un fenómeno estudiado a partir de los resultados obtenidos
- Extraer el significado de fenómenos estudiados a partir de los resultados obtenidos
- Evaluar conclusiones alternativas a las obtenidas utilizando pruebas
- Dar explicaciones descriptivas de las propiedades de objetos y sustancias estudiados
- Dar razones a favor o en contra de una conclusión determinada utilizando el conocimiento procedimental del fenómeno estudiado
- Otro: _____

21. ¿Cuáles de las siguientes actividades y acciones se pueden realizar para **evaluar y diseñar la** investigación **científica** con el uso de los laboratorios virtuales de química en el aula? *Seleccione, como máximo, las tres (3) que considere más importantes.*

Selecciona todos los que correspondan.

- Identificar la cuestión explorada en un estudio científico dado
- Evaluar formas de explorar científicamente una cuestión determinada
- Determinar qué variables han cambiado, se han medido o se han mantenido constantes, al proporcionarles la descripción de una investigación científica
- Identificar el instrumento o unidad adecuados para medir una cantidad dentro del fenómeno estudiado
- Proponer mediciones específicas que puedan ser necesarias para contestar una pregunta científica propuesta
- Controlar o alterar una investigación científica para responder una pregunta dada.
- Identificar un error en un diseño experimental.
- Otro:

22. Seleccione las tres (3) principales **competencias procedimentales** (*conocimientos referentes a los procedimientos y prácticas desarrolladas en la ciencia*) que se pretendían desarrollar en los estudiantes cuando se realizó la integración de los laboratorios virtuales al aula.

Selecciona todos los que correspondan.

- Comprender conceptos fundamentales y estructuras explicativas de las ciencias naturales
- Dominar procesos, prácticas y procedimientos de investigación científica
- Analizar, comprender y explicar características, fenómenos y procesos relativos al mundo natural, social y tecnológico
- Ejercitar la curiosidad para hacer preguntas, buscar respuestas y crear soluciones con base en los conocimientos de las ciencias naturales.
- Construir argumentos con resultados, evidencias e informaciones confiables y

negociar y defender ideas y puntos de vista

- Producir conocimientos y resolver problemas de las ciencias naturales de forma crítica, significativa, reflexiva y ética
- Analizar fenómenos naturales y procesos tecnológicos, con base en las interacciones y relaciones entre materia y energía
- Investigar situaciones-problema y evaluar aplicaciones del conocimiento científico y tecnológico y sus implicaciones en el mundo
- Utilizar procedimientos y lenguajes propios de las ciencias naturales, para proponer soluciones a problemas estudiados
- Manipular apropiadamente diversos instrumentos, conociendo sus funciones, limitaciones y peligros, así como las medidas de seguridad necesarias para operar con ellos
- Representar fenómenos para explicarlos o describirlos
- Otro:

23. Seleccione las tres (3) principales **competencias epistemológicas** (*conocimientos sobre la naturaleza de la ciencia, su forma de ser construida y de comprender sus características*) que se pretendían desarrollar en los estudiantes cuando se realizó la integración de los laboratorios virtuales al aula.

Selecciona todos los que correspondan.

- Construir argumentos con base en datos y evidencias.
- Desarrollar diversos procesos investigativos, iniciando con la observación hasta la recolección de datos.
- Establecer las relaciones necesarias entre las variables para llegar a posibles conclusiones.
- Establecer patrones, interpretar la información y construir modelos que permitan probar las hipótesis propuestas.
- Construir explicaciones y diseñar soluciones para dar posibles soluciones a problemas de la realidad.
- Establecer la validez de la información y de los procesos de la investigación, analizando la calidad y confiabilidad de los resultados, los alcances y limitaciones.

Elaborar argumentos para predecir los resultados de una pregunta de investigación, analizar variables y elaborar hipótesis.

Otro:

24. Seleccione las tres (3) principales **competencias comunicativas** (*capacidad del ser humano para comunicarse a través de habilidades y destrezas, usando el lenguaje científico*) que se pretendían desarrollar en los estudiantes cuando se realizó la integración de los laboratorios virtuales al aula.

Selecciona todos los que correspondan.

Dar a conocer los resultados y conclusiones de la investigación. Se enfatiza en la importancia de utilizar el lenguaje científico y el uso de recursos pertinentes para representar la información

Utilizar diferentes lenguajes y tecnologías digitales de información y comunicación para comunicarse, acceder y diseminar informaciones

Comunicar sus descubrimientos y conclusiones a públicos variados, en diversos contextos y por medio de diferentes medios y tecnologías digitales de información y comunicación.

Transmitir una información en forma verbal o escrita, mediante diversas herramientas como dibujos, ilustraciones científicas, tablas, gráficos, TIC, entre otras

Anotar y reproducir la información obtenida de observaciones y mediciones de manera ordenada y clara en dibujos, ilustraciones científicas, tablas, entre otros

Procesar la evidencia obtenida y la respectiva organización y presentación de la información

Utilizar el lenguaje científico y el uso de recursos pertinentes para representar la información

Otro:

25. Seleccione las tres (3) principales **competencias tecnológicas digitales** (*conocimientos y actitudes necesarios para utilizar los medios de comunicación y tecnologías digitales para buscar informaciones, aprendizaje y comprensión de la sociedad del conocimiento*) que se pretendían desarrollar en los estudiantes cuando se realizó la integración de los laboratorios virtuales al aula?

Selecciona todos los que correspondan.

- Utilizar diferentes lenguajes y tecnologías digitales de información y comunicación para comunicarse, acceder y diseminar informaciones
- Investigar situaciones-problema y evaluar aplicaciones del conocimiento científico y tecnológico y sus implicaciones en el mundo, utilizando procedimientos y lenguajes propios de las ciencias naturales
- Comunicar sus descubrimientos y conclusiones por medio de diferentes medios y tecnologías digitales de información y comunicación
- Buscar, obtener, procesar y compartir información a través de medios digitales
- Desarrollar una postura crítica frente a los medios de comunicación
- Obtener un dominio creativo y eficaz de las distintas herramientas TIC
- Usar efectivamente de los medios para la autoexpresión y la participación para la comunicación de resultados obtenidos
- Adquirir un comportamiento ético en los medios tecnológicos y digitales
- Otro:

Anexo 3. Guía de la entrevista

ENTREVISTA A DOCENTES QUE HAN INTEGRADO LABORATORIOS VIRTUALES DE QUÍMICA A SUS CLASES CON ESTUDIANTES DE BÁSICA SECUNDARIA Y MEDIA.

El presente instrumento corresponde a una entrevista que se realiza a docentes de química, de los niveles de básica secundaria y media, de la región de Latinoamérica de países que son miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), que han integrado laboratorios de química virtuales a sus clases, con el fin de determinar cómo ha sido el proceso de dicha integración y su aporte para alcanzar los objetivos de aprendizaje y generación de competencias de la asignatura de química. Esto se realiza dentro de la investigación titulada: Integración de laboratorios virtuales de química para la formación en competencias del área de estudiantes de básica secundaria y media, desarrollada por el estudiante Oscar Alonso Hernández Ortiz, para optar al título de Maestría en Educación de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín.

El objetivo general del estudio es: Reconocer los procesos de integración de laboratorios virtuales propuestos para la formación en competencias de la asignatura de química en estudiantes de básica secundaria y media.

Y, los objetivos específicos a los que responde el instrumento son:

- Identificar los usos de los laboratorios virtuales en la práctica docente para la formación de la química en los niveles de básica secundaria y media.
- Identificar las estrategias didácticas que usan los docentes en la integración de los laboratorios virtuales para la formación de las competencias del área de química en los niveles de básica secundaria y media.

Esta entrevista es de carácter voluntario, la información es confidencial y será empleada solo con fines académicos.

El tiempo de duración de la entrevista es de 40 minutos aproximadamente.

Consentimiento Informado

Por voluntad propia doy mi consentimiento para la participación y grabación de la entrevista de la investigación titulada “Integración de laboratorios virtuales de química para la formación en competencias del área de estudiantes de básica secundaria y media”, que está llevando a cabo el estudiante Oscar Alonso Hernández Ortiz, de la Maestría Educación de la Universidad Pontificia Bolivariana, quien es responsable del tratamiento de los datos en cumplimiento de lo establecido por las

normas vigentes: Ley de Protección de Datos Personales (Ley 1581 de 2012) y demás normas que la reglamentan o complementan.

Manifiesto que recibí una explicación clara y completa del objeto del estudio y el propósito de la realización la entrevista. También recibí información sobre la forma y el tiempo para llevar a cabo las actividades. Así mismo, me han informado que esta investigación es únicamente con fines académicos y que mis respuestas no serán publicadas sin mi autorización. Hago constar que he leído y entendido en su totalidad este documento, por lo que:

Sí doy mi consentimiento:

No doy mi consentimiento:

Nombre del entrevistado: _____

Fecha de la entrevista: _____

Temática	Categoría	Pregunta	Criterios a tener para guiar la pregunta o analizar la respuesta	Observaciones
		¿Podría mencionar alguno de los simuladores que haya usado? ¿Fue de fácil manejo? ¿Necesitó de capacitación previa?	De fácil manejo por el docente y los estudiantes Necesitó de capacitación previa tanto el docente como los estudiantes.	
Los simuladores de laboratorios de química	Tipos de laboratorios en educación	Describe las dificultades que encontró a la hora de buscar y seleccionar el simulador que integró a su práctica. ¿Bajo qué criterio realizó la búsqueda?	No hubo dificultad a la hora de encontrar las aplicaciones de simulación Tuvo que indagar por mucho tiempo hasta encontrar una que respondiera al objetivo de la práctica Criterios: temática en específico, de fácil manejo, didáctico para dinamizar la clase.	
		¿Cómo fue la experiencia en el uso de simuladores de laboratorio en relación	Aporta o no significativamente a la formación en química.	

Temática	Categoría	Pregunta	Criterios a tener para guiar la pregunta o analizar la respuesta	Observaciones
		con la utilidad que tuvo para la formación del estudiante?		
		¿Para usted, cuál es la principal ventaja del uso de los laboratorios virtuales?	Relacionar las ventajas que presenta la literatura del uso de estos	
		¿Consideraría que existe alguna desventaja en el uso de los laboratorios virtuales? ¿Desventaja con la herramienta o con la población?	Revisar si la desventaja está relacionada con la herramienta, la población o la integración.	
Estrategias didácticas para la integración del laboratorio	Fases o momentos de la práctica docente.	¿Podría describir la actividad que realizó mediante la cual realizó la integración de laboratorios virtuales?	Presentación en clase, práctica en sala de sistemas, trabajo en clase.	
		De acuerdo con el momento o fase de la práctica docente en el cual ha realizado la integración de los laboratorios virtuales (planeación, ejecución o evaluación), por qué no lo hizo en el momento de la (<i>planeación, ejecución o evaluación</i>)	Tener presente la respuesta de la encuesta y enfatizar en la justificación de la respuesta que entregue.	
	Tipos de estrategias didácticas para desarrollo de laboratorios virtuales de química.	¿Previo a la integración de los simuladores, describa su estrategia didáctica para realizar las prácticas de laboratorio de química? Describa una de las practicas realizadas de manera presencial.	Laboratorios presenciales. Trabajo en clase. Demostraciones por parte del docente.	
		¿Cuáles son la estrategia(s)	Se podrían mencionar algunos	

Temática	Categoría	Pregunta	Criterios a tener para guiar la pregunta o analizar la respuesta	Observaciones
		didáctica(s) con las que integró los laboratorios virtuales de química al aula? ¿por qué seleccionó esa estrategia?	ejemplos en caso que no tenga clara la estrategia.	
		¿Cuál fue el cambio principal que realizó en la estrategia didáctica al usar los laboratorios virtuales en relación con los presenciales?	Hubo cambio en las estrategias didácticas o simplemente se adaptó a un ambiente virtual.	
		¿Considera usted que las metas trazadas mediante las estrategias didácticas, para el proceso de enseñanza aprendizaje, cuando decidió trabajar con laboratorios virtuales se cumplieron? ¿En qué medida? ¿Bajo qué criterio midió el alcance las metas?	Revisar si se tenía un objetivo claro. Establecer el criterio para la medida entregada.	
		¿Cuáles considera que son las principales limitantes para no lograr las metas trazadas para el proceso de aprendizaje a través de las estrategias didácticas implementadas?	Relacionarlos con las desventajas de los laboratorios.	
Generación de competencias del área a partir del trabajo con los laboratorios virtuales de química.		Según su experiencia y formación, ¿cuál o cuáles son las competencias, habilidades y destrezas que debe desarrollar un estudiante de química con su trabajo en el	Tener en cuenta (y a la mano en caso de ser necesarias) las definiciones dadas por la OCDE y aplicadas en Latinoamérica para las competencias.	

Temática	Categoría	Pregunta	Criterios a tener para guiar la pregunta o analizar la respuesta	Observaciones
		laboratorio? ¿por qué son importantes las prácticas de laboratorio?		
	Tipos de competencias en el área de química.	¿Cree que el trabajo con los laboratorios virtuales permite el desarrollo de las diferentes competencias en el área de química (procedimentales, epistemológicas, comunicativas y en TIC)?	Mencionar en este caso las competencias procedimentales, epistemológicas, comunicativas, y en tecnologías digitales.	
		¿Cuáles de las competencias mencionadas anteriormente se fortalece más con los laboratorios virtuales según la experiencia que tuvo en la integración? ¿Por qué?	En caso de ser necesario, mencionar algunas de cada categoría.	
		¿Cree que el trabajo con los laboratorios virtuales permitió el desarrollo de competencias científicas (procedimentales y epistemológicas) en la misma medida que los laboratorios presenciales?	Mencionar las competencias de explicar fenómenos científicamente, interpretar datos y pruebas científicas y evaluar y diseñar la investigación científica. Justificar la respuesta, sea positiva o negativa.	
		¿Recomienda a los demás docentes de química el trabajo con los laboratorios virtuales de química	En relación con la generación de competencias científicas y la integración de las TIC al aula	

Temática	Categoría	Pregunta	Criterios a tener para guiar la pregunta o analizar la respuesta	Observaciones
		para la formación en competencias del área?		
		¿Cuál sería la principal recomendación para un docente que vaya a empezar a integrar los laboratorios virtuales a sus clases?	Tener en cuenta si la experiencia fue positiva o negativa para el docente y si está se relaciona con la recomendación o no de los laboratorios virtuales.	