

Criterios para la selección y uso de simulaciones en un grupo de profesores de Ciencias Naturales en formación

MARÍA DE LOS ÁNGELES BIZZIO*

Universidad Nacional de San Juan – Argentina

ANA MARÍA GUIRADO**

Universidad Nacional de San Juan – Argentina

CARLA INÉS MATURANO***

Universidad Nacional de San Juan – Argentina

Recibido el 21-02-22; primera evaluación el 15-07-22;
segunda evaluación el 09-08-22; aceptado el 17-08-22

RESUMEN

En este trabajo se indagan las opiniones de estudiantes de profesorado en Física y en Química de la Universidad Nacional de San Juan (Argentina) sobre su experiencia en la utilización de simulaciones, la valoración que hacen de estas y los criterios que considerarían para su selección y uso. La muestra está formada por estudiantes que cursaron didácticas específicas durante 2020. Se diseñó un cuestionario para recoger los datos y, a partir de las respuestas, se construyeron categorías para su análisis. Los resultados muestran que la experiencia de los participantes se asocia

* Maestranda en Integración Educativa y Social. Universidad Nacional de Cuyo. Profesora de Enseñanza Media y Superior en Química. Docente e Investigadora en la Universidad Nacional de San Juan. Facultad de Filosofía Humanidades y Artes. Departamento de Física y Química. Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales (IIECE). Correo electrónico: mbizzio@ffha.unsj.edu.ar. <https://orcid.org/0000-0003-0191-8406>

** Licenciada en Psicopedagogía por la Universidad Católica de Cuyo. Doctora en Educación por la Universidad Nacional de Cuyo. Docente e investigadora en la Universidad Nacional de San Juan. Facultad de Filosofía Humanidades y Artes. Departamento de Física y Química. Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales (IIECE). Correo electrónico: aguirado@ffha.unsj.edu.ar. <https://orcid.org/0000-0002-0974-3981>

*** Profesora de Enseñanza Media y Superior en Física y especialista en Docencia Universitaria por la Universidad Nacional de San Juan. Doctora en Ciencias de la Educación por la Universidad Nacional de Cuyo. Docente e investigadora en la Universidad Nacional de San Juan. Facultad de Filosofía Humanidades y Artes. Departamento de Física y Química. Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales (IIECE). Correo electrónico: cmatur@ffha.unsj.edu.ar. <https://orcid.org/0000-0002-8047-0760>



a un uso escaso de las simulaciones, lo que justificaría la necesidad de profundizar en el conocimiento y utilización de las mismas como herramienta de aprendizaje y como recurso para la enseñanza desde la formación docente inicial.

Palabras clave: formación de profesores, educación tecnológica, enseñanza de la Física, enseñanza de la Química

Criteria for the selection and use of simulations in a group of Natural Science teachers in training

ABSTRACT

In this paper we investigate the opinions of future teachers of Physics and Chemistry of the National University of San Juan (Argentina) about their experience in the use of simulations, the assessment they make about them and the criteria they would consider for their selection and use. The sample is made up of students who studied specific didactics during 2020. A questionnaire was designed to collect the data and, from the answers, categories were built for their analysis. The results show that the experience of the participants is associated with a low use of simulations, which would justify the need to deepen over the knowledge and use of simulations as a learning tool and as a resource for teaching from the initial teacher training.

Keywords: teacher training, technological education, Physics teaching, Chemistry teaching

Crítérios para seleção e uso de simulações em um grupo de professores de Ciências Naturais em formação

RESUMO

Este artigo investiga as opiniões de estudantes de Física e Química da Universidade Nacional de San Juan (Argentina) sobre sua experiência no uso de simulações, sua avaliação e os critérios que considerariam para sua seleção e avaliação. A amostra é composta por alunos que fizeram uma didática específica durante o ano de 2020. Foi elaborado um questionário para coletar os dados e, a partir das respostas, foram construídas categorias para análise. Os resultados mostram que a experiência dos participantes está associada a uma escassa utilização de simulações, o que justificaria a necessidade de aprofundar o conhecimento e utilização das mesmas como ferramenta de aprendizagem e como recurso para o ensino desde a formação inicial de professores.

Palavras-chave: formação de professores, educação tecnológica, ensino de Física, ensino de Química

1. INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de la pandemia, la presencialidad en las instituciones educativas se vio alterada debido a los cierres obligatorios de escuelas en todos los países (Narodowski y Campetella, 2020). Esto generó el desafío de proponer una educación remota de emergencia. La enseñanza fue más allá de la carga y descarga de archivos en plataformas virtuales, puesto que implicó la búsqueda de estrategias didácticas que posibilitaran la comprensión y el aprendizaje (Cáceres Peñaloza, 2020).

En esta situación, las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) se constituyen en elementos mediadores del aprendizaje que facilitarían el desarrollo de habilidades y capacidades si su uso es planificado y aprovechado eficientemente en el aula tanto para la generación de ambientes de trabajo como para promover una interacción positiva entre docentes y estudiantes (Espinel Arman, 2020). Así, las aplicaciones informáticas como las simulaciones se convirtieron en recursos muy utilizados para la enseñanza de las Ciencias Naturales. Estas permiten facilitar el aprendizaje por medio de la exploración y construcción de saberes (Bouciguez y Santos, 2010).

El uso de simulaciones tanto en la virtualidad como en la presencialidad demanda no solo su visualización sino también la mediación docente para la promoción de relaciones que permitan al estudiantado la comprensión del fenómeno en estudio. Esta mediación requiere que los y las docentes comprendan la simulación y planifiquen su uso, lo cual justifica la necesidad de generar espacios de reflexión desde la formación inicial.

Frente a esta realidad, surgen cuestionamientos acerca de la inclusión del uso de simulaciones en la formación docente inicial en los profesorado universitarios en el área de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de San Juan (UNSJ), Argentina. Todo ello en el marco del proyecto «Comprensión lectora y producción escrita de textos multimodales de Ciencias Naturales» (avalado y subsidiado por la UNSJ mediante Res.591-20-R). El objetivo de esta investigación es conocer las opiniones de profesores en Física y en Química en formación sobre su experiencia en la utilización de simulaciones, la valoración que hacen de estas y los criterios que han desarrollado para su selección y uso. La misma se llevó a cabo durante el segundo cuatrimestre del año 2020.

En este artículo, en primer lugar, se presentan las simulaciones computacionales como recursos semióticos y como recursos de aprendizaje, analizando además la necesidad de su abordaje en la formación docente inicial. Posteriormente, se describe la metodología utilizada y se exponen los resultados obtenidos que permiten caracterizar la experiencia en el uso de simulaciones

para aprender Ciencias Naturales, las ventajas y limitaciones de las simulaciones para el desarrollo de saberes y los criterios para la selección y uso de las mismas. Finalmente, se discuten estos resultados y se comunican las conclusiones de este estudio.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Las simulaciones computacionales como recursos semióticos

Las simulaciones constituyen representaciones dinámicas generadas por computadora que modelizan un proceso, componente o fenómeno del mundo real, a través de herramientas que median y facilitan la interacción entre los modelos del estudiantado y los modelos científicos (López Simó y Pintó Casulleras, 2017a). Las mismas usan recursos visuales y recursos digitales que permiten funciones de interactividad, dinamismo o representaciones 3D. Esto implica la combinación de diversos recursos semióticos que se ensamblan y ofrecen un significado complejo que se construye a partir de la integración multimodal (Manghi Haquin, 2013).

2.2. Las simulaciones como recurso de aprendizaje

Las simulaciones pueden brindar oportunidades de aprendizaje en la educación científica, puesto que permiten al estudiantado acercarse a los fenómenos de manera virtual, a la vez que manipulan o modifican parámetros que de otro modo serían imposibles de observar (López Simó y Pintó Casulleras, 2017a). Por ello, el uso de este tipo de herramientas en el aula tiene un efecto positivo tanto en la comprensión de conceptos científicos como en el desarrollo de habilidades de pensamiento (Talanquer, 2014).

A partir de la progresiva introducción de simulaciones computacionales en contextos escolares durante las últimas décadas, se plantea una discusión científica generalizada sobre su impacto en la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales (López Simó y Pintó Casulleras, 2017b). Caneo Salinas (2019) comparó resultados de varias investigaciones sobre el uso de simulaciones, afirmando que todas concuerdan en que uno de los aspectos esenciales para promover el aprendizaje de las disciplinas científicas es que el estudiantado construya representaciones mentales apropiadas y completas de lo que se intenta aprender. Según este autor, la construcción de relaciones debe facilitarse especialmente cuando se refieren a fenómenos, situaciones, leyes o principios que tienen una naturaleza abstracta.

La introducción de simulaciones en el aula de Ciencias Naturales se asocia a algunos elementos de la práctica científica como son: (a) indagar no solo en el mundo real sino también en el mundo virtual, ya que se pide al estudiantado que observe, recoja datos y muchas veces diseñe experimentos en entornos virtuales y (b) comparar y contrastar realidad y virtualidad, es decir entre lo medible de manera directa del mundo real y lo que puede obtenerse del mundo virtual, a través de simulaciones que responden a las reglas con las que han sido diseñadas (López Simó et al., 2017).

Algunas de las ventajas de las simulaciones pueden asociarse a que: (a) transmiten información que no se vería fácilmente (o es imposible de ver) a simple vista, (b) utilizan señales simbólicas como el color, los iconos y el sonido para ayudar a identificar qué elementos son clave para comprender los problemas científicos subyacentes, y (c) muchas veces permiten que el estudiantado pueda revisar, y en ocasiones manipular, para probar hipótesis y potencialmente resolver problemas (Rapp y Kurby, 2008).

A pesar de la intención de los autores de las simulaciones para que los diseños sean fácilmente comprensibles, existe una brecha entre lo que se visualiza y cómo se podría interpretar la información visualizada, lo cual puede conducir a un malentendido (López Simó y Pintó Casulleras, 2017b). Las dificultades de lectura más relevantes identificadas para las simulaciones, que llevan a la necesidad de fomentar su lectura crítica, se refieren a: (a) la estructura composicional de la imagen; (b) la relevancia adecuada de sus elementos visuales; (c) las representaciones múltiples; (d) su dinamismo y (e) su valor comunicativo (López Simó y Pintó Casulleras, 2013). Otros autores señalan también que la influencia del conocimiento previo del tema es otro aspecto a tener en cuenta en el uso de representaciones múltiples como las simulaciones (Cook et al., 2008).

2.3. El abordaje de las simulaciones en la formación docente inicial

En las investigaciones en el área de enseñanza de las Ciencias Naturales, se considera que las TIC pueden ayudar a mejorar la formación actual del profesorado de todos los niveles, partiendo de la variedad de aplicaciones disponibles en internet para la enseñanza de las materias afines (Pontes Pedrajas, 2019). Sin embargo, la realidad de las aulas tanto de educación primaria como de secundaria muestra la necesidad de que su incorporación se plantee desde perspectivas innovadoras como la indagación, la enseñanza a partir de problemas, el aprendizaje en contexto, entre otros (Oliva Martínez, 2019). En la situación actual, esto implica que la formación docente incorpore el uso de

recursos TIC como las simulaciones desde perspectivas didácticas contemporáneas, lo cual justifica la necesidad de promover la reflexión sobre su inclusión en la formación inicial de docentes del área.

3. METODOLOGÍA

Se trata de una investigación exploratoria desde un enfoque cualitativo, enmarcada en una investigación más amplia que analiza prácticas de lectura y escritura para enseñar y aprender Ciencias Naturales que contribuyan a un abordaje adecuado de la multimodalidad. La investigación se llevó a cabo de modo virtual ante la suspensión de actividades presenciales por la pandemia durante 2020. Su implementación se realizó en el segundo cuatrimestre en contexto de educación remota de emergencia mientras se desarrollaba el cursado virtual de las asignaturas.

Participaron en esta investigación diecinueve estudiantes de tercer año de Profesorado de Física y Profesorado de Química de la Universidad Nacional de San Juan (UNSJ), quienes constituyen la totalidad de estudiantes que cursaban las asignaturas Didáctica de la Física y Didáctica de la Química, respectivamente. Dichas asignaturas corresponden al tercer año de los planes de estudio y el estudiantado llega con formación avanzada tanto en aspectos disciplinares específicos como pedagógicos generales.

Se diseñó un cuestionario que se implementó a través de la plataforma Moodle en el campus virtual de la UNSJ. Se propuso al grupo participante que describa su experiencia en el uso de simulaciones para aprender Ciencias Naturales, que mencione ventajas y limitaciones que tienen las simulaciones para el desarrollo de saberes en el aula de ciencias y que exprese los criterios que tendría en cuenta para la selección y uso de las mismas. Las preguntas formuladas fueron:

- i. ¿Cuál es su experiencia en el uso de simulaciones para aprender Ciencias Naturales?
- ii. Según su criterio, ¿cuáles serían las ventajas y limitaciones que tienen las simulaciones para el desarrollo de saberes en el aula de Ciencias Naturales?
- iii. ¿Qué aspectos tendría en cuenta al momento de seleccionar una simulación para enseñar en su futura práctica docente?

A partir del análisis de las respuestas a las preguntas realizado por las investigadoras, se construyeron categorías que representan la opinión de los y las

estudiantes sobre su experiencia en el uso de las simulaciones, las ventajas por un lado y las limitaciones o desventajas por el otro, y los criterios de selección.

Para agrupar las respuestas de los y las estudiantes sobre su experiencia en el uso de las simulaciones se construyeron las siguientes categorías: nivel educativo (en el cual se produjo la experiencia en el uso de simulaciones), finalidad (para qué las utilizaron), frecuencia y modo de uso (cuántas veces y cómo las utilizaron), simulaciones utilizadas (cuáles emplearon), valoración de la propia experiencia (apreciaciones personales de diferente índole), contexto (ocasión de uso) y selección (quién elige la simulación a utilizar).

A partir del análisis de las ventajas expresadas se construyeron las siguientes categorías teniendo en cuenta que el uso de simulaciones ayuda a: favorecer el aprendizaje de los contenidos científicos en el plano cognitivo (constituyen un recurso de aprendizaje para favorecer la comprensión de saberes disciplinares), favorecer el aprendizaje de los contenidos científicos en el plano actitudinal (sirven como recurso para despertar la motivación y el interés), trabajar en forma virtual (posibilitan el uso remoto o sin conexión a internet), visualizar y relacionar la realidad con los modelos y las teorías (permiten relacionar la teoría con la práctica y la realidad con el modelo), favorecer el pensamiento científico y la experimentación (ayudan a la comprobación de hipótesis, la manipulación de variables, el diseño de nuevos experimentos, el análisis de resultados y la elaboración de conclusiones), realizar prácticas en el aula o suplir el laboratorio (constituyen una alternativa válida si no se dispone de laboratorio, los materiales involucrados son peligrosos o el tiempo disponible es escaso) y usar diversos lenguajes (posibilitan conjugar expresiones en los diferentes lenguajes utilizados en Ciencias Naturales).

En relación con el análisis de las limitaciones mencionadas por los y las estudiantes se elaboraron las siguientes categorías teniendo en cuenta que el uso de simulaciones se dificulta por factores asociados a: características intrínsecas acotadas (limitaciones en el diseño y la disponibilidad de las simulaciones), requerimiento de dispositivos y conectividad específicos (*hardware, software* y conectividad indispensables para su utilización), desaprovechamiento de las posibilidades de los experimentos reales en el laboratorio (desventaja en relación con las prácticas de laboratorio reales) y demanda de formación para su uso (necesidad de conocimiento específico por parte de docentes y estudiantes).

Para agrupar las respuestas de los y las estudiantes en relación con los criterios para seleccionar las simulaciones se consideraron los siguientes aspectos: acceso (requisitos exigidos para garantizar el acceso por parte de todo el alumnado), diseño (requisitos exigidos en relación con el formato de la simulación), contenido (referencia a la adecuación de la simulación en relación con

el contenido), contexto educativo (realidad social educativa, contenido y objetivo disciplinar específico a enseñar, y tiempo de la clase), uso complementario de simulaciones (análisis y selección de variedad de simulaciones) y personas usuarias (conocimiento previo de la simulación).

En la sección siguiente se presentan los resultados indicando las frecuencias absolutas (N), las cuales en algunos casos superan el tamaño de la muestra cuando cada estudiante escribió expresiones que involucran aspectos encuadrados en diversas categorías. Las descripciones se acompañan con citas textuales de expresiones que se presentan entre comillas, indicando en cada caso el número asociado al azar para la identificación de cada estudiante en esta investigación.

4. RESULTADOS

4.1. Experiencia en el uso de simulaciones para aprender Ciencias Naturales

Respecto a la práctica en el uso de simulaciones, las expresiones se han agrupado en las siguientes categorías, obteniendo los resultados que se detallan a continuación:

- Nivel educativo donde se produjo la experiencia (N=15). En varios casos mencionaron asignaturas de la formación docente inicial referidas a la formación disciplinar específica en Física o Química (Biomoléculas y Rutas metabólicas, Mecánica de la partícula, Electrónica, Electricidad y Magnetismo, Química General), en otros se refirieron a asignaturas relacionadas con la informática (Prueba de suficiencia de computación) y solamente en una respuesta se mencionó una asignatura propia del área de formación pedagógica (Investigación Educativa). No se registraron respuestas que evidenciaran el uso de simulaciones durante la trayectoria en educación secundaria.
- Finalidad (N=8). Los y las estudiantes mencionaron tres propósitos asociados al uso de simulaciones: (a) abordar temas disciplinares específicos, ya sean temas de Física como «para poder visualizar la trayectoria recorrida por una partícula con una velocidad y aceleración determinada» (E 1) o de Química como por ejemplo «trabajamos la molécula de agua en los estados sólido y líquido» (E 5); (b) aprender ciencias, lo que se pone de manifiesto a través de expresiones como «me ayudan a poder visualizar y comprender mejor los temas estudiados» (E 7) o «me ayuda mucho a entender diferentes conceptos a través de imágenes» (E 18) y (c) reemplazar o complementar el trabajo en el laboratorio,

indicando «trabajé con simuladores en los laboratorios de la materia Química general» (E 11).

- Frecuencia y modo de uso (N=6). Los y las estudiantes refirieron una utilización escasa y esporádica en relación con la frecuencia y un uso pasivo en relación con el modo. Algunas expresiones que muestran esto son: «en el uso de simulaciones no tengo mucha experiencia» (E 15); «empleé simuladores, pero no fue de un uso continuo» (E 13); «Mi experiencia es reducida. Solo he trabajado con simulaciones en pocas oportunidades, más específicamente con un par de aplicaciones de simulación [...] En el resto de las cátedras que se usó alguna simulación, fui un observador pasivo» (E 2).

Simulaciones utilizadas (N=6). Los y las estudiantes mencionaron haber utilizado las simulaciones de PhET (<https://phet.colorado.edu/es/>) indicando por ejemplo «en especial trabajé con los de la página web Phet Colorado» (E3) y el *software* matemático interactivo «Geogebra» (E1), mostrando un acotado conocimiento de otros recursos como lo expresó uno de ellos: «fuera de eso, conozco sitios con información interactiva y juegos relacionados a la Química y Física» (E 15).

Valoración de la propia experiencia (N=6). En algunos casos expresaron opiniones positivas sobre su experiencia tales como «mi experiencia con los simuladores es buena» (E 7), «resultan muy provechosos» (E17) y en otros casos escribieron críticas que valoran en un mismo enunciado características positivas y negativas como «hay simuladores muy amigables y otros que requieren de más tiempo para comprender su funcionamiento» (E 16) o «buena, aunque no es tan enriquecedora como las experiencias presenciales» (E 19).

Contexto (N=3). En algunas respuestas mencionaron la utilización de simulaciones en el contexto específico de la pandemia en el año 2020 a través de expresiones tales como «este año debido a la situación por la que estamos pasando utilicé distintos simuladores, [...] resultan muy provechosos [...] en estos momentos donde las clases presenciales no son posibles» (E 17) o «debido a la situación que atravesamos estamos trabajando con simuladores» (E 11).

Selección (N=2). Los y las estudiantes en algunas respuestas hicieron referencia a quién selecciona el simulador a utilizar, ya sea: (a) docente, al afirmar «he utilizado varios simuladores, [...] a lo largo de la carrera, dados por los profesores de distintas asignaturas» (E 14); (b) practicante, al expresar «cuando una practicante fue a las clases de mecánica de la partícula» (E 3); (c) estudiante, al aseverar «luego los busqué para trabajarlos por mi cuenta en electricidad y magnetismo» (E 3).

4.2. Ventajas y limitaciones de las simulaciones para el desarrollo de saberes en el aula de ciencias

A continuación, se incluyen las ventajas que tienen las simulaciones para el desarrollo de saberes en el aula de Ciencias Naturales según los y las participantes, en orden decreciente de frecuencia, y se presentan algunos ejemplos de respuestas. Las ventajas se asocian con su potencialidad para:

- Visualizar y relacionar la realidad con los modelos y las teorías (N=10). Algunos ejemplos referidos por los y las estudiantes se vinculan con «que los alumnos puedan representar lo teórico en una práctica, visualización de los contenidos teóricos, [...]» (E 1), con la «visualización de modelos e ideas abstractas» (E 3), y con «visualizar a nivel partícula ciertos saberes, para una mayor comprensión» (E 7).
- Favorecer el aprendizaje de los contenidos científicos en el plano cognitivo (N=8). En algunas respuestas se hace alusión a que el uso de simulaciones «posibilita una mejor comprensión de algunos fenómenos físicos [...] es obtener un proceso de aprendizaje más eficiente» (E 5), ayuda a «entender mejor los saberes... para una mayor comprensión» (E 7) y «se puede lograr una mejor comprensión de los conceptos teóricos» (E 16).
- Realizar prácticas en el aula o suplir el laboratorio (N=7). Algunas respuestas señalan que «la ventaja que ofrecen las simulaciones es poder realizar prácticas en el aula que requieran materiales que no se pueden conseguir fácilmente, cuando no se dispone de un laboratorio apropiado, y prácticas que no se podrían realizar de otro modo allí en el aula» (E 2), además de que «nos permiten la reproducción de eventos que en el aula son peligrosos de llevar a cabo» (E 6).
- Favorecer el pensamiento científico y la experimentación (N=6). Los y las estudiantes consideran que «proporcionan la posibilidad de cambiar datos o condiciones para obtener determinados resultados» (E 6), «se pueden involucrar distintas variables combinarlas, quitarlas y más, sería como “jugar” con los simuladores y a partir de ello se pueden realizar conclusiones de distinto tipo» (E 17) y su uso «permite el estudio, análisis y evaluación de situaciones» (E 19).
- Favorecer el aprendizaje de los contenidos científicos en el plano actitudinal (N=6). En relación con las actitudes, destacan que «es una buena herramienta para educar ya que son llamativos» (E 6), «despierta mayor interés en los alumnos por la materia, fomentamos el uso de las TIC»

(E 10) y ayuda a «incrementar el interés de los estudiantes al “aprender haciendo”» (E 19).

- Trabajar en forma virtual (N=3). Las respuestas se vinculan especialmente con la pandemia afirmando que «en estas épocas se puede acercar de manera virtual a la práctica» (E 8) o que «debido a la situación actual a nivel mundial debido a la pandemia considero que el uso de simuladores es de gran ayuda» (E 15).
- Usar diversos lenguajes (N=2). Las ventajas enunciadas se asocian a que «permite incluir elementos gráficos y animaciones en el mismo entorno» (E 5).

Seguidamente, se incluyen las desventajas o limitaciones que los y las estudiantes mencionaron con mayor frecuencia en relación con las simulaciones y algunos ejemplos vinculados con:

- Características intrínsecas acotadas (N=8). Uno de los aspectos señalados se relaciona con que «los simuladores no hacen lo que les dice la naturaleza, hacen lo que le dice un programador» (E 4). Además, consideran que «Otra de las limitaciones es el alto costo» (E 5) y que en algunos casos la dificultad está en «no poder realizar algunas experiencias de no haber simuladores de la misma» (E 14).
- Requerimiento de dispositivos y conectividad específicos (N=6). Las expresiones se refieren a que la utilización de las simulaciones «muchas veces se ve afectada por la falta de conectividad o acceso a aparatos tecnológicos (computadora, celular, etc.)» (E 2) y que otro de los factores limitantes es «la desigualdad de recursos tecnológicos en los alumnos» (E 8).
- Desaprovechamiento de las posibilidades de los experimentos reales en el laboratorio (N=6). El uso de las simulaciones se visualiza en forma acotada porque «al trabajar de forma virtual se pierde la experiencia y también el manejo de los instrumentos del laboratorio» (E 11) y debido a que «nunca será lo mismo que la experiencia en vivo» (E 15).
- Demanda de formación para su uso (N=6). El estudiantado consideró que «la simulación requiere de un entrenamiento y habilidades especiales, que se adquieren gradualmente» (E 12), que «poseen indicaciones específicas para su uso y es fundamental saber usarlo» (E 13) y que «algunas requieren capacitación para comprender su funcionamiento» (E 16).

4.3. Criterios para la selección y uso de simulaciones

Con respecto a los aspectos que tendrían en cuenta para seleccionar una simulación en su futura práctica docente, se presentan apreciaciones en torno a los resultados y algunas expresiones de los y las estudiantes:

- Acceso (N=10). Los criterios se relacionan con que las simulaciones sean: (a) de acceso fácil «que el simulador posea un interfaz sencilla para su uso» (E 13) o «que no sea muy complejo de usar» (E 17); (b) gratuitas «que sea gratis para que todos los alumnos puedan acceder al mismo» (E 17); (c) de uso fuera de línea «poder descargarlo ya que trabajar en forma online por ahí se dificultaría por no tener todos acceso a conectividad» (E 10); (d) de uso generalizado «que todos los alumnos puedan acceder al simulador» (E 6) y (e) de bajo requerimiento «que no pida muchos requisitos en cuanto a los dispositivos necesarios para utilizarlo» (E 11).
- Diseño (N=9). Los criterios se refieren a las siguientes características del diseño de las simulaciones: (a) simple «claro a nivel matemático y visual» (E 3) y «para hacer una práctica lo menos complicada posible para los alumnos» (E 1); (b) completa en relación con las variables intervinientes y los múltiples lenguajes de las ciencias «los aspectos que tendría en cuenta al momento de seleccionar una simulación para enseñar en futuras prácticas son: que sea completo [...] que pueda verse tanto a nivel microscópico como macroscópico y que indique las condiciones necesarias para dichas prácticas» (E 14); (c) en el propio idioma «español» (E 1); (d) estructurada «ordenada en la forma de trabajo» (E 2) y (e) motivadora «que sea entretenido» (E 11).
- Contenidos (N=8). Los criterios se vinculan con: (a) la adecuación disciplinar en cuanto «no posea errores conceptuales» (E 3) y se pueda «corroborar que el simulador dé correcta información» (E 6); (b) la relación directa con los fenómenos naturales para que «sea congruente con lo que ocurre en la realidad» (E 4) y (c) la claridad conceptual para «que pueda aclarar los conceptos vistos [...] así los alumnos pueden asimilarlos con los contenidos vistos» (E 10).
- Contexto educativo (N=7). Los criterios se relacionan con considerar: (a) la realidad social-educativa indicando que «la selección sería según la necesidad o contexto» (E 5) y «que sea acorde a la edad de los alumnos en cuanto a complejidad y destreza» (E 8); (b) el abordaje del tema a

tratar buscando «que el simulador sea referido al tema que se quiere abordar y proporcione datos correspondientes» (E 6); (c) la adecuación a los objetivos de la asignatura exigiendo «que posea herramientas útiles para el fin..., que puedan contribuir a enriquecer el aprendizaje» (E 13) y (d) el tiempo disponible para lo que «tendría en cuenta también el tiempo en que se lleva a cabo» (E 5).

- Uso complementario de simulaciones (N=2). Los criterios se refieren a un relevamiento de las simulaciones disponibles buscando «investigar distintas simulaciones para usar la adecuada» (E 9) e intentando un uso conjunto de simulaciones para «complementar con varios simuladores» (E 14).
- Personas usuarias (N=1). Los criterios se vinculan con el conocimiento del simulador por parte de quien lo utiliza, que debería «tener en claro cuál o cuáles serán las simulaciones y las funciones de tal programa a saber para hacer una práctica lo menos complicada posible para los alumnos» (E 1).

5. DISCUSIÓN

La investigación desarrollada ha permitido conocer acerca del uso de simulaciones por parte del grupo participante, sus opiniones tanto positivas como negativas referidas a su potencial didáctico y los criterios que utilizarían para su selección en su futura práctica docente.

Los resultados obtenidos permiten inferir que su experiencia con simulaciones es relativamente baja, lo cual se pone de manifiesto tanto de manera directa como indirecta. De manera directa en cuanto los y las estudiantes refrieron su uso solo en el ámbito de la formación docente universitaria, de modo esporádico y en materias disciplinares. Esto último puede influir en que el objetivo de la utilización se haya centrado más en los aspectos disciplinares que en consideraciones didácticas acerca del uso de dicho recurso. De manera indirecta, queda implícito el desconocimiento de todo el potencial de las simulaciones en sus apreciaciones que ponen en evidencia la escasa profundidad del abordaje realizado con anterioridad. Estos hallazgos podrían asociarse con lo expresado por López Simó y Pintó Casulleras (2017b) en relación con que la introducción de las simulaciones es progresiva y reciente, lo cual reafirma la necesidad de evaluar su impacto en la formación docente y en las prácticas educativas.

Algunas ventajas que mencionan los y las participantes en este estudio se relacionan con su utilidad para aprender conceptos y leyes científicas vinculando modelos y teorías a través del uso de diversos lenguajes, para experimentar en otros ámbitos diferentes del laboratorio (aula o el hogar) y para lograr una motivación extrínseca. Estas ventajas caracterizan las simulaciones, aunque las mismas tengan un potencial que supera las cualidades mencionadas, por ejemplo, en cuanto a la experimentación más allá de los límites reales de un laboratorio o la posibilidad de profundizar en la vinculación entre variables y su relación matemática a través de las herramientas disponibles, entre otros elementos de las prácticas científicas señaladas por López Simó et al. (2017).

En relación con las limitaciones señaladas por los y las estudiantes, es posible vincular algunas de estas con la escasa experiencia ya mencionada. Al referirse a sus características intrínsecas acotadas, destacaron la necesidad de recursos económicos, de *software* y conectividad que actualmente ya no es requerida para su utilización en la mayoría de los casos. En relación con las actividades de laboratorio, el grupo participante considera a las simulaciones como un sustituto del laboratorio y no como un complemento que tiene un potencial didáctico diferente. Además, llama la atención que resaltaron como aspecto negativo que su uso demanda formación de las personas usuarias, lo cual también ocurriría con cualquier otro recurso de aprendizaje que exija el manejo de ciertas habilidades y reglas para optimizar su potencial.

En cuanto a los criterios que proponen para seleccionar las simulaciones, los aspectos destacados son: que su diseño sea sencillo pero completo y motivador, que garantice un acceso fácil y generalizado para los y las estudiantes, que aborde el contenido de manera adecuada según la disciplina y el nivel educativo, y que se pueda adaptar a la realidad social educativa y al contexto áulico.

6. CONCLUSIONES

Este estudio ha permitido ahondar en el conocimiento sobre el uso de simulaciones del estudiantado participante en la investigación. Los resultados permiten realizar sugerencias en el marco de la formación docente de los profesorado de Física y de Química de la UNSJ, pensando en una bimodalidad en educación, propia de los nuevos escenarios educativos que se vislumbran después de la pandemia. Dichos resultados no son generalizables a otros contextos, dadas las características del objeto de estudio. Sin embargo, estas conclusiones pueden llevar a otros formadores de formadores a cuestionarse acerca de los modos de inclusión de recursos TIC para la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales.

Las investigaciones detalladas en los referentes teóricos evidencian que la multiplicidad de significados que se ponen en juego en las simulaciones exige una mediación docente que contribuya a la construcción de saberes basada en una integración multimodal (Manghi Haquin, 2013). La interacción libre del estudiantado y los recursos tecnológicos educativos, si bien podría ser beneficiosa en ciertos casos, generalmente se optimizaría si se aprovechan todas las funciones de dichas herramientas con la guía docente. Esto es, sin dudas, comprendido por el grupo participante, que manifiesta la necesidad de una formación en el uso de simulaciones y un conocimiento acabado de las mismas, pero lo consideran como una limitación tal como lo expresan en sus respuestas. Sin embargo, el conocimiento de los recursos constituiría una condición indispensable al proponer su uso como recurso educativo en el aula. Esta apreciación parte de considerar que el profesorado debe estar atento y comprometido a informarse y formarse en relación con los recursos emergentes generando entornos virtuales amigables que faciliten el aprendizaje (Canales García, Fernández Valverde y Ulate Solís, 2020; Fremio Rosado y Andrade-Rodas, 2017).

La construcción de relaciones entre un fenómeno y las leyes que lo rigen se facilitaría a través de las simulaciones cuando las tareas tengan en cuenta e integren los diferentes modos en que se presenta la información. Reconocer la multiplicidad de lenguajes que se ponen en juego sería el primer paso para construir significados, lo cual se constituye también en un aspecto a profundizar en la formación docente. Así, el profesorado desde la formación inicial, debería reflexionar sobre los alcances de la enseñanza multimodal (Tamayo, Cadavid Alzate y Dávila Manrique, 2018).

Por otra parte, la complementariedad de las simulaciones con las experiencias en el mundo real se presenta como otro punto clave ya que la comparación y contrastación que pueden surgir son sumamente valiosas en términos de práctica científica en entornos educativos. Sin embargo, el grupo participante consideró como opciones alternativas una u otra por lo que la potencialidad del trabajo conjunto en el mundo real y virtual surge también como punto para la reflexión en la formación docente. Al mismo tiempo, cabe destacar que la utilidad de las simulaciones para trabajar con modelos o con fenómenos que no se ven fácilmente o son imposibles de ver en los laboratorios por diversos motivos fue destacada positivamente por los y las estudiantes en sus respuestas.

Las limitaciones observadas por el grupo participante en torno al uso de las simulaciones son de carácter general y muestran también su escaso acercamiento al recurso. El hincapié está en la dificultad en el acceso y no tan frecuentemente en los factores detectados en investigaciones ya citadas en relación

con la necesidad de su lectura crítica y de tener en cuenta los conocimientos previos del estudiantado para salvar posibles dificultades de comprensión.

Cabe destacar, finalmente, que coincidimos con lo afirmado en otras investigaciones acerca de la importancia de adoptar las TIC en la formación del profesorado en ciencias porque el uso que se promueva de estas en diferentes oportunidades de aprendizaje favorecería el conocimiento y desarrollo de herramientas y de actividades para su futuro desempeño docente (Casadei Carniel et al., 2008). Los resultados de la investigación que aquí se presenta abren perspectivas que llevan a considerar la realización de encuentros para favorecer un uso reflexivo de las simulaciones. Como propuesta de investigación futura, surge la necesidad de indagar los objetivos con que los y las formadores de formadores incluyen las simulaciones en las actividades de cada asignatura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bouciguez, M. y Santos, G. (2010). Applets en la enseñanza de la física: Un análisis de las características tecnológicas y disciplinares. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 56-74. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2628/2277>
- Cáceres Peñaloza, K. (2020). Educación virtual: creando espacios afectivos de convivencia y aprendizaje en tiempos de COVID 19. *CienciAmérica*, 9(2), 38-44. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i2.284>
- Canales García, A., Fernández Valverde, M. y Ulate Solís, G. (2020). Aprender y enseñar con recursos TIC: experiencias innovadoras en la formación docente universitaria. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 15(1), 235-248. <https://doi.org/10.15359/rep.15-1.12>
- Caneo Salinas, O. (2019). Integración de la metodología y la didáctica de la enseñanza y el aprendizaje de la física, usando simulaciones computacionales, durante la práctica profesional de estudiantes de pedagogía en Física. *Brazilian Journal of Development*, 5(3), 2261-2274. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n3-1259>
- Casadei Carniel, L., Cuicas Avila, M., Debel Chourio, E. y Alvarez Vargas, Z. (2008). La simulación como herramienta de aprendizaje en física. *Actualidades Investigativas en Educación*, 8(2), 1-27. <https://www.redalyc.org/pdf/447/44713044007.pdf>
- Cook, M., Wiebe, E. y Carter, G. (2008). The influence of prior knowledge on viewing and interpreting graphics with macroscopic and molecular representations. *Science Education*, 92(5), 848-867. <https://doi.org/10.1002/sc.20262>

- Espinel Arman, E. (2020). La tecnología en el aprendizaje del estudiantado de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Central del Ecuador. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 20(2), 1-37. <https://doi.org/10.15517/aie.v20i2.41653>
- López Simó, V. y Pintó Casulleras, R. (2013). Identificación de las dificultades de los estudiantes de secundaria en la lectura de las imágenes científicas digitales e interactivas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* (Extra) IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 1984-1991.
- López Simó, V., Couso Lagarón, D., Simarro Rodríguez, C., Garrido Espeja, A., Grimalt Álvaro, C., Hernández Rodríguez, M. y Pintó Casulleras, R. (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: revista de investigación y experiencias didácticas* (Extra) X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 691-697.
- López Simó, V. y Pintó Casulleras, R. (2017a). Identifying secondary-school students' difficulties when reading visual representations displayed in physics simulations. *International Journal of Science Education*, 39(10), 1353-1380. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1332441>
- López Simó, V. y Pintó Casulleras, R. (2017b). Computer Simulations and Students' Difficulties in Reading Visual Representations in Science Education. En M. Pietrocola y I. Gurgel (Eds.), *Crossing the Border of the Traditional Science Curriculum: Innovative Teaching and Learning in Basic Science Education* (pp. 95-114). Sense Publishers, Springer.
- Manghi Haquin, D. (2013). La mediación del profesor especialista para la alfabetización semiótica en el aula de matemática. En Estela Moyano (Coord.), *Aprender ciencias y humanidades: una cuestión de lectura y escritura. Aportes para la construcción de un programa de inclusión social a través de la educación lingüística* (pp. 199-229). UNGS.
- Narodowski, M. y Campetella, D. (2020). Educación y destrucción creativa en el capitalismo de pospandemia. En I. Dussel, P. Ferrante y D. Pulfer (Comps.), *Pensar la educación en tiempos de pandemia Entre la emergencia, el compromiso y la espera* (pp. 43-56). UNIPE Editorial Universitaria.
- Oliva Martínez, J. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 37(2), 5-24. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2648>
- Pontes Pedrajas, A. (2019). Actividades de formación docente para familiarizarse con el modelo de aprendizaje por indagación en un entorno virtual.

EDUNOVATIC2019, 4th Virtual International Conference on Education, Innovation and ICT. Madrid, REDINE.

- Rapp, D. y Kurby, C. (2008). The 'ins' and 'outs' of learning: Internal representations and external visualizations. En J. K. Gilbert, M. Reiner y M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 29-52). Springer.
- Fremio Rosado, J. y Andrade-Rodas, E. (2017). Nivel de conocimiento de las tecnologías de la información y comunicación en los docentes de educación superior. *INNOVA Research Journal*, 2(12), 59-74. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n12.2017.483>
- Talanquer, V. (2014). Simulaciones computacionales para explorar y construir modelos. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 76, 8-16.
- Tamayo, O., Cadavid Alzate, V. y Dávila Manrique, V. (2018). *Multimodalidad. Múltiples lenguajes empleados en la enseñanza de las ciencias*. Universidad de Caldas.