

DOI: <http://doi.org/10.15517/revedu.v48i1.56052>

## Uso de simulaciones científicas interactivas para fortalecer la formación inicial de docentes de Química

### *The Use of Interactive Scientific Simulations to Strengthen the Initial Training of Chemistry Teachers*

María de los Ángeles Bizzio  
Universidad Nacional de San Juan,  
San Juan, Argentina  
[mbizzio@ffha.unsj.edu.ar](mailto:mbizzio@ffha.unsj.edu.ar)  
<https://orcid.org/0000-0003-0191-8406>

Ana María Guirado  
Universidad Nacional de San Juan,  
San Juan, Argentina  
[aguirado@ffha.unsj.edu.ar](mailto:aguirado@ffha.unsj.edu.ar)  
<https://orcid.org/0000-0002-0974-3981>

Carla Inés Maturano Arrabal  
Universidad Nacional de San Juan,  
San Juan, Argentina  
[cmatur@ffha.unsj.edu.ar](mailto:cmatur@ffha.unsj.edu.ar)  
<https://orcid.org/0000-0002-8047-0760>

Recepción: 06 octubre 2023  
Aprobación: 13 diciembre 2023

#### ¿Cómo citar este artículo?

Bizzio, M. Á., Guirado, A. M. y Maturano-Arrabal, C. I. (2024). Uso de simulaciones científicas interactivas para fortalecer la formación inicial de docentes de Química. *Revista Educación*, 48(1). <http://doi.org/10.15517/revedu.v48i1.56052>



**RESUMEN:**

En este trabajo se presentan los resultados de una investigación exploratoria que analiza las actividades diseñadas por docentes en formación para el uso de simulaciones científicas virtuales interactivas. Se considera que las simulaciones son un recurso privilegiado para el aprendizaje de contenidos disciplinares en Ciencias Naturales. El objetivo de este estudio es examinar, desde un enfoque predominantemente cualitativo, su utilización en el marco de la formación docente inicial como parte de estrategias didácticas para la enseñanza de contenidos relacionados con el pH de una solución. Participaron estudiantes del profesorado en Química de la Universidad Nacional de San Juan (Argentina). El desarrollo del estudio incluye tres instancias: (a) planificación de actividades que involucran el uso de una simulación PhET; (b) instancia de discusión grupal a fin de plantear ideas para optimizar el uso del recurso; (c) reformulación y reorganización de las propuestas iniciales. La técnica de recolección de datos involucra los documentos producidos individualmente en la primera y en la última instancia. El objetivo de este trabajo es presentar un análisis de las actividades planteadas sobre la base de tres interrogantes: a quién enseñar, qué enseñar y cómo enseñar. Se examinan los resultados a la luz de categorías creadas en torno a estos interrogantes, pudiendo concluir que surgen dificultades en las propuestas de actividades relacionadas con el nivel de profundización según las y los destinatarios, el abordaje del uso de la simulación, el tratamiento macroscópico y predominantemente conceptual de los contenidos y la escasez de planteos abiertos que desafíen al estudiantado. Estas dificultades llevan a recomendar el abordaje explícito del uso didáctico de las simulaciones en la formación docente inicial.

**PALABRAS CLAVE:** Enseñanza, Química, Tecnologías de la Información y la Comunicación, TIC, Formación de docentes, pH.

**ABSTRACT:**

This paper presents the results of an exploratory research that analyzes the activities designed by teachers in training for the use of interactive virtual scientific simulations. Simulations are considered to be a privileged resource for learning disciplinary content in Natural Sciences. Therefore, the objective of this study is to examine, from a predominantly qualitative approach, its use in the framework of initial teacher training as part of didactic strategies for teaching content related to the pH of a solution. Prospective teachers of Chemistry at the Universidad Nacional de San Juan (Argentina) participated in this research. The development of the study includes three instances: (a) planning of activities that involve the use of a PhET simulation; (b) instance of group discussion to propose ideas to optimize the use of the resource; and (c) reformulation and reorganization of the initial proposals. The data collection technique involves documents produced individually in the first and last instances. The objective of this work is to present an analysis of the activities proposed based on three questions: who to teach, what to teach, and how to teach. The results are examined in the light of categories created around these questions, and it can be concluded that difficulties arise in the proposals for activities related to the level of in-depth study according to the recipients, the approach to the use of simulation, the macroscopic and predominantly conceptual treatment of the contents, and the scarcity of open approaches that challenge the student body. These difficulties lead to recommending an explicit approach to the didactic use of simulations in initial teacher training.

**KEYWORDS:** Teaching, Chemistry, Information and Communications Technology, ICT, Teacher Training, pH.

**INTRODUCCIÓN**

La utilización de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) en la formación del profesorado supone plantearse una enseñanza flexible que considere cambios en las concepciones didácticas, uso variado de dichas tecnologías y el planteo de cuestiones que permitan lograr entornos de aprendizaje efectivos (Lobo, 2019). En este trabajo se considera a las simulaciones como recursos

TIC potencialmente significativos para el abordaje de los contenidos de Ciencias Naturales, ya que permiten la interacción con los fenómenos en estudio.

Las simulaciones son representaciones dinámicas generadas por computadora que presentan modelos teóricos o simplificados de componentes, fenómenos o procesos del mundo real (Smetana y Bell, 2012). Muestran relaciones entre la realidad y los modelos o teorías científicas y ofrecen a quienes las utilizan la posibilidad de aprender acerca de los modelos científicos subyacentes en cada simulación (López y Ferrer, 2021). Combinan diversos recursos semióticos que se ensamblan y ofrecen al estudiantado un significado complejo que se construye a partir de la integración multimodal (Manghi et al., 2013). Por lo tanto, su interpretación no es trivial y su visualización no implica una comprensión completa de su contenido.

Las simulaciones son una herramienta útil para mejorar el aprendizaje y desarrollar habilidades científicas en el estudiantado, pero su eficiencia depende de la estrategia didáctica implementada en el aula (López, 2020). Esto se debe a que su uso no garantiza que las y los participantes aprendan, ya que es necesario delinear estrategias coherentes con las metodologías de enseñanza (Pacheco et al., 2021a).

Para lograr un buen uso de los recursos TIC para la enseñanza, se debe evitar repetir estrategias tradicionales trasladándolas a una plataforma virtual e intentar elaborar nuevas prácticas con objetivos propios (Calderón et al., 2015). Dichos autores sugieren formar al cuerpo docente en el diseño de propuestas con un propósito claro de inclusión de estas tecnologías para acompañar al estudiantado en su conocimiento y dominio progresivo. Surge así la necesidad de incorporar la utilización de simulaciones en la formación docente inicial en el área de Ciencias Naturales a fin de que puedan emplearlas en forma efectiva en su futuro ejercicio profesional. Para esto deben aprender a diseñar actividades que orienten el trabajo del alumnado durante la interacción con el software (Pontes, 2019).

En función de lo expuesto, se ha diseñado un estudio con el objetivo de examinar, desde un enfoque predominantemente cualitativo, la utilización de simulaciones en el marco de la formación docente inicial como parte de estrategias didácticas para la enseñanza de contenidos relacionados con el pH de una solución. La investigación consistió en solicitarle a estudiantes de profesorado en Química que diseñen actividades para el uso didáctico de una simulación sobre ese tema disciplinar específico que resulta adecuado para su profundización en entornos virtuales. También incluyó el desarrollo de un encuentro de reflexión y retroalimentación que llevó a las y los participantes a realizar una revisión de dichas actividades y a proponer su potencial reformulación. El objetivo de este trabajo es presentar el análisis de las actividades planteadas sobre la base de tres interrogantes: ¿a quién enseñar?, ¿qué enseñar? y ¿cómo enseñar? usando una simulación sobre el contenido de Química seleccionado, el cual se aborda en educación secundaria.

## MARCO TEÓRICO

Planificar una clase implica diseñar un posible camino de acción en el que cada docente piensa la clase, define la estrategia que posibilitaría reducir las incertezas, da marco visible a su tarea, fundamenta los principios que orientan las decisiones y manifiesta sus propósitos pedagógicos (Anijovich y Cappelletti, 2017). Esto implica pensar un conjunto de componentes coherentes entre sí teniendo en cuenta el contenido, su relevancia y la significatividad para el estudiantado. Los componentes de la programación didáctica involucran: los objetivos, el contenido a enseñar, el grado de profundidad y secuencia de presentación, los momentos de la enseñanza (en el inicio de una

unidad, en el desarrollo, en el cierre), los recursos a utilizar, la organización y distribución del tiempo, las actividades que el alumnado realizará y la evaluación (Anijovich y Mora, 2010). En síntesis, una mirada desde la didáctica ayuda a dar respuesta a cuestiones tales como qué enseñar, cómo enseñar, entre otras.

Teniendo en cuenta estos interrogantes, cada docente plantea estrategias de enseñanza que constituyen el conjunto de decisiones que se relacionan con los contenidos, el trabajo intelectual del alumnado, las habilidades de trabajo, los valores que se ponen en juego en la clase y el contexto sociocultural. A partir de todo ello, diseña las actividades que son las tareas que el estudiantado realizará para aprender los contenidos seleccionados. Estas constituyen instrumentos con los que cuenta el profesorado y que pone a disposición en la clase para estructurar las experiencias de aprendizaje (Anijovich y Mora, 2010).

En este marco, la enseñanza de las Ciencias Naturales se orienta al desarrollo de habilidades y destrezas que posibiliten a las y los estudiantes enfrentar situaciones relacionadas con la investigación y la experimentación. Para esto, según Ayón y Vítores (2020), los ambientes educativos deben ofrecer propuestas modernizadas y dinámicas para preparar a las y los estudiantes para la vida en una sociedad altamente cambiante y tecnificada.

A partir de este planteo, se considera la necesidad de incluir recursos TIC en las propuestas didácticas. Entre los recursos que se presentan como especialmente adecuados para investigar y experimentar en Ciencias Naturales se destacan las simulaciones. Las mismas constituyen una herramienta tecnológica que permite diseñar estrategias flexibles y activas, ya que son ambientes virtuales que ayudan a visualizar y a explorar fenómenos a través de animaciones que admiten la manipulación de variables (López, 2020). Según esta autora, las simulaciones contribuyen a: mostrar la ciencia de manera más accesible y divertida, promover la comprensión de los conceptos científicos, desarrollar y fortalecer prácticas científicas (explorar, plantear y corroborar hipótesis, diseñar experimentos, argumentar, recolectar datos, elaborar conclusiones y modelizar). Además, al ser usadas en diferentes estrategias didácticas, se adaptan a múltiples contextos, dispositivos tecnológicos, momentos de la clase y objetivos.

Del espectro de simulaciones disponibles en la web, son muy utilizadas las diseñadas por la Universidad de Colorado en el marco del proyecto PhET (Physics Education Technology) (<https://phet.colorado.edu/>), puesto que su uso constituye una oportunidad diferente para aprender Ciencias Naturales, que supera las formas tradicionales de enseñanza en que cada docente presenta los contenidos teóricos a las y los estudiantes que resuelven ejercicios; ofreciendo, por medio de la virtualidad, una alternativa para favorecer aprendizajes significativos a través de recursos y herramientas necesarias para descubrir, criticar y razonar los resultados científicos (Sánchez, 2021). Las mismas pueden definirse como “una herramienta útil para mejorar el aprendizaje conceptual y ayudar a desarrollar habilidades científicas en los estudiantes, pero su eficiencia depende de la estrategia didáctica implementada por los profesores” (López, 2020, p. 1).

En tal sentido, algunos estudios analizan la inclusión de recursos TIC en la planificación de estrategias didácticas por parte de docentes en ejercicio o en formación. Martínez et al. (2018) analizaron cómo profesores de Química de Colombia integran la nueva cultura digital en sus clases. Hallaron un limitado uso de las TIC en la enseñanza de la Química, ya que frecuentemente incluyen videos, artículos y presentaciones de diapositivas, pero no involucran el uso de programas, tutoriales o simulaciones. Lucero et al. (2018) encontraron también que un numeroso grupo de docentes en Argentina no las han incorporado aún en sus aulas a pesar de que las simulaciones de fenómenos naturales cobran cada vez más importancia. De Vasconcelos (2016), en este sentido, destaca la

necesidad de investigar las potencialidades y limitaciones del uso de simulaciones en la enseñanza de la Química con futuras y futuros docentes. Según Ortiz y Álava (2021) se han detectado algunos limitantes en el uso de TIC para enseñar y aprender que se relacionan con: falta de formación en el diseño de estrategias pedagógicas que incorporen TIC y el trabajo en ambientes virtuales de aprendizaje, falta de formación en el manejo de TIC y herramientas educativas, entre otras.

Ante este panorama, se han generado en otros contextos educativos algunas acciones para la formación docente inicial en la inclusión de TIC en sus propuestas áulicas. Así, por ejemplo, Pontes y Oliva (2019) han desarrollado un programa para la formación del profesorado mediante simulaciones interactivas o laboratorios virtuales, buscando que aprendan a indagar en el estudio de sistemas mecánicos, termodinámicos, químicos o tecnológicos y realizar actividades de modelización con tales programas.

## METODOLOGÍA

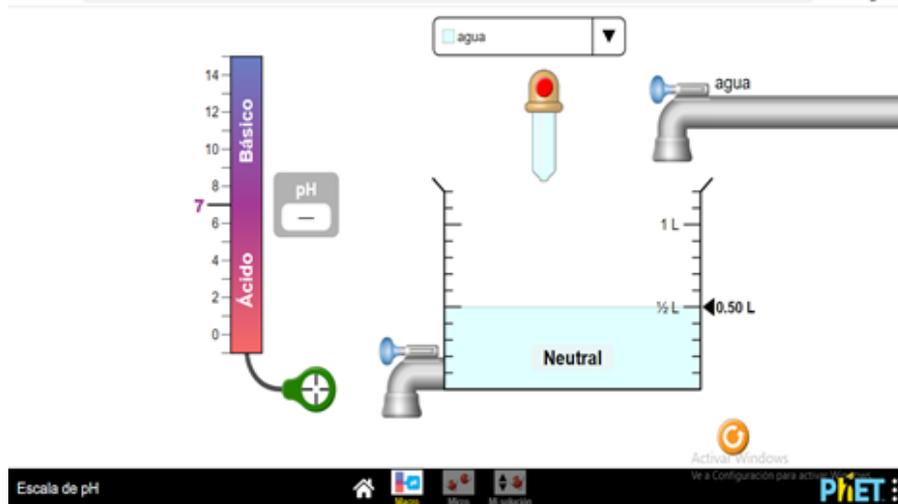
Este trabajo está enmarcado en una investigación cualitativa, de la cual se presenta un estudio exploratorio llevado a cabo en el marco de la formación docente inicial en Química. Para abordar la planificación de actividades basadas en el uso de una simulación como recurso, se seleccionó el tema *pH de una solución*. El Diseño Curricular Jurisdiccional local para el Ciclo Orientado de la Educación Secundaria propone, específicamente en relación con este contenido, la construcción del saber potenciado por las TIC a través de simulaciones de situaciones problemáticas que no puedan abordarse en el laboratorio (Ministerio de Educación, 2017). La imposibilidad de tratar el concepto de pH en forma experimental y cuantitativa se basa en el requerimiento de instrumental específico que muchas veces no está disponible en los laboratorios de las instituciones educativas de educación secundaria.

En relación con la enseñanza de este contenido, se han relevado investigaciones que ponen en evidencia inconvenientes en su tratamiento. Uno de los inconvenientes se relaciona con el uso de sustancias de uso cotidiano y el repollo morado como indicador, sin poder incorporar otras actividades prácticas que trasciendan los ejercicios de lápiz y papel de cálculo de pH y del laboratorio de bajo costo, a fin de favorecer una comprensión profunda de los distintos temas de la Química (Lucero et al., 2018). En este sentido, la utilización de la simulación permitiría superar ese abordaje ya que ayuda a representar el mismo concepto en diferentes niveles de representación del conocimiento químico más allá de lo macroscópico, su representación simbólica a través del lenguaje químico y las interacciones moleculares a nivel submicroscópico, y relacionar dichos niveles para aprender (Alves et al., 2019).

En esta investigación se ha utilizado la simulación Escala de pH (<https://phet.colorado.edu/es/simulations/ph-scale>) que trata temas relacionados con pH, soluciones, concentración, ácidos y bases. La simulación presenta tres pestañas. La pestaña Macro (Figura 1) se enfoca en conceptos cualitativos acerca del pH permitiendo medir su valor para diferentes soluciones utilizadas en la vida cotidiana, y posibilita además la dilución con agua.

Figura 1.

Captura de pantalla sección Macro de la simulación Escala de pH

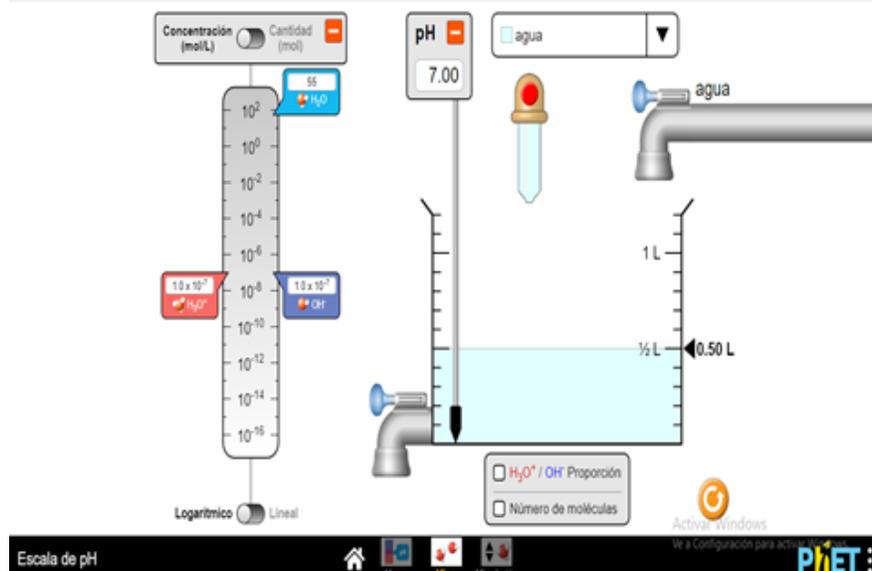


Fuente: University of Colorado Boulder (2023).

La pestaña Micro (Figura 2), además de las posibilidades anteriores, relaciona el pH con los valores de las concentraciones de iones  $H_3O^+$  y  $OH^-$ , permite cambiar la escala entre logarítmica y lineal, y entre concentración y cantidad de moles de iones  $H_3O^+$ ,  $OH^-$  y de  $H_2O$ , siendo posible ver u ocultar los valores de pH y mostrar la cantidad de iones  $H_3O^+$  y  $OH^-$ , y de moléculas de  $H_2O$ .

Figura 2.

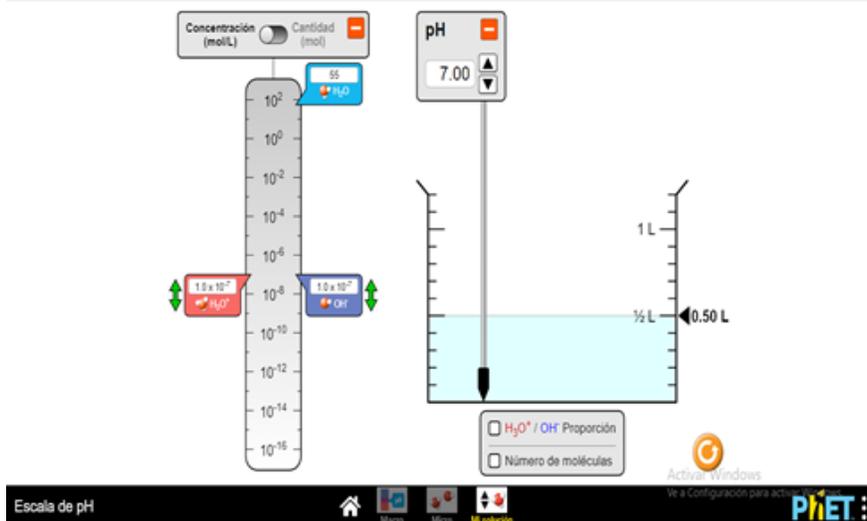
Captura de pantalla sección Micro de la simulación Escala de pH



Fuente: University of Colorado Boulder (2023).

La pestaña Mi solución (Figura 3) permite manipular directamente los valores de pH sin agregar soluciones o agua, posibilitando una vista de relaciones que ayudan a identificar gráficamente el ion de mayor concentración en la solución.

**Figura 3.**  
Captura de pantalla sección Mi Solución de la simulación Escala de pH



Fuente: University of Colorado Boulder (2023).

Existen antecedentes del trabajo con la simulación PhET seleccionada para la enseñanza de contenidos relacionados con el pH de una solución. En dichas investigaciones consideran que al aplicar esta simulación se fomenta la relación de los tres niveles representacionales del tema abordado, es decir, macroscópico, submicroscópico y simbólico; además de despertar el interés del estudiante al interactuar de manera directa con dicho concepto (Pacheco et al., 2021b; Silva et al., 2021). En estudios anteriores realizados en otros contextos, se la ha utilizado con estudiantes de educación secundaria. Pacheco et al. (2021a) abordaron el aprendizaje del concepto de soluciones desde las representaciones químicas usando esta simulación como recurso para la enseñanza, a través de la cual posibilitaron a las y los estudiantes modelar las representaciones macro, simbólica y submicro del concepto de soluciones químicas. En otro estudio, Watson et al. (2020) encontraron que su uso tiene un impacto positivo en el conocimiento, la confianza y la comprensión conceptual de los conceptos fundamentales de pH cuando se utiliza en forma colaborativa. Por otra parte, Chamberlain et al. (2014) concluyeron que el diseño de la actividad para acompañar la simulación, en términos de nivel de orientación, puede influir en el desempeño de las y los estudiantes. De ahí la importancia de diseñar de manera pertinente tareas para optimizar su potencial.

Participó en esta investigación una muestra no probabilística, seleccionada por accesibilidad de trece estudiantes del profesorado en Química de la Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes de la Universidad Nacional de San Juan (total de alumnos de la asignatura Didáctica de la Química de tercer año del plan de estudios). El diseño, implementación y análisis de datos estuvo a cargo de un equipo integrado por una de las docentes de la asignatura, una psicopedagoga y otra docente de Ciencias Naturales.

El trabajo de campo se desarrolló en tres instancias. En primer lugar, se propuso a las y los participantes que, de manera individual y asincrónica, planificaran propuestas de actividades a desarrollar en el ciclo orientado de la educación secundaria a partir de la exploración y uso de la simulación Escala de pH. En segundo lugar, se llevó a cabo una instancia de discusión virtual sincrónica basada en una retroalimentación acerca de sus propuestas iniciales (que fueron analizadas previamente por el equipo docente) buscando que, con la mediación docente y el aporte de sus pares, pudieran plantear ideas para optimizar el uso de la simulación. En tercer y último lugar, las y los participantes reformularon o reorganizaron sus propuestas iniciales en función de la reflexión que cada uno hizo a partir de la discusión grupal. La técnica de recolección de datos involucra los documentos producidos individualmente en la primera y en la última instancia.

En el análisis que se presenta en este artículo se incluyen las producciones de 11 estudiantes, ya que una de ellas no realizó la actividad de reformulación y otro tuvo dificultades de redacción, tales que impiden categorizar su producción.

Para analizar las propuestas de actividades elaboradas por las y los futuros docentes y su reformulación a partir de la reflexión y retroalimentación realizada, se proponen criterios de análisis relacionados con las preguntas antes planteadas, lo cual dio lugar a las siguientes categorías: a quiénes enseñar (Tabla 1), qué enseñar (Tabla 2) y cómo enseñar (Tabla 3) utilizando la simulación seleccionada. Para cada categoría se formulan preguntas sobre la base de las posibilidades de la simulación, con el objetivo de examinar en profundidad las actividades diseñadas por las y los participantes.

En la Tabla 1 se incluyen las preguntas correspondientes a la adecuación a las y los destinatarios de la propuesta (estudiantes del Ciclo Orientado de la Educación Secundaria), considerando que el nivel de profundidad característico de dicho ciclo incluye el uso de diferentes lenguajes, niveles de representación y modelos explicativos de la ciencia escolar. En este caso, las pestañas de la simulación que proponen una mirada del concepto en términos de los modelos explicativos son Micro y Mi Solución.

**Tabla 1.**  
Categorías de análisis vinculadas con a quiénes enseñar

Aspecto evaluado	Categorías de análisis
Adecuación al hipotético alumnado destinatario de la propuesta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Incluye el uso de lenguaje matemático a través de fórmulas, ecuaciones o cálculos?</li> <li>• ¿Con qué sección o secciones de la simulación propone trabajar (Macro, Micro, Mi Solución)?</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2 se indica cada una de las preguntas formuladas para dos categorías referidas a qué enseñar. Las mismas se relacionan con: (a) los contenidos seleccionados para trabajar con la simulación, teniendo en cuenta el Diseño Curricular Jurisdiccional (Ministerio de Educación, 2017) que propone para el eje soluciones la determinación de características ácido-base en forma cuantitativa a partir de la escala de pH; (b) las prácticas científicas, que promueven aprender Ciencias y aprender a pensar científicamente requieren un aprendizaje que brinde oportunidades para realizar prácticas científicas, es decir, actividades que impliquen: la indagación; el planteo de preguntas,

hipótesis, predicciones; la propuesta de explicaciones; la confrontación y el análisis de información proveniente del mundo natural que los rodea (Instituto Vasco de Investigación y Evaluación educativa, 2017).

**Tabla 2.**

Categorías de análisis vinculadas con qué enseñar

Aspectos evaluados	Categorías de análisis
Contenidos seleccionados para trabajar con la simulación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué contenidos disciplinares aborda la propuesta?</li> </ul>
Prácticas científicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Propone algún problema o pregunta problematizadora para abordar el tema?</li> <li>• ¿Plantea la consulta a otras fuentes de información?</li> <li>• ¿Propone el planteo de hipótesis y su posterior corroboración a partir de la simulación?</li> <li>• ¿Propone al estudiantado el diseño de experimentos?</li> <li>• ¿Propone recolectar datos a partir de la simulación y organizarlos en tablas, gráficos, etc?</li> <li>• ¿Propone que el estudiantado argumente o justifique resultados?</li> <li>• ¿Propone al estudiantado enunciar resultados generales de las tareas realizadas elaborando conclusiones?</li> <li>• ¿Propone la interpretación de resultados a partir de la teoría?</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3 se presentan las preguntas relacionadas con cómo enseñar, agrupadas según cuatro categorías: (a) inclusión de una exploración inicial de la simulación; (b) demanda de las actividades propuestas para cada una de las pestañas Macro, Micro y Mi solución; (c) autonomía dada al hipotético estudiantado en el desarrollo de la actividad proponiendo tareas a realizar en forma pautada, condicionada por la consigna o libre; (d) necesidad de uso de recursos complementarios además de la simulación PhET.

**Tabla 3.**

Categorías de análisis vinculadas con cómo enseñar

Aspectos evaluados	Categorías de análisis
Inclusión de una exploración inicial de la simulación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Propone un acercamiento inicial para conocer las posibilidades de la simulación?</li> </ul>
Demanda de las actividades propuestas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Macro:</b> ¿Solicita medir el pH de una solución ácida o básica de la vida cotidiana? ¿Solicita repetir la misma actividad de medición cambiando la solución? ¿Propone la dilución con agua? ¿Propone otras tareas a realizar en la pestaña Macro?, ¿cuáles?</li> <li>• <b>Micro:</b> ¿Solicita medir el pH de soluciones sin relacionar con los valores de las concentraciones de iones <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> y/o <math>\text{OH}^-</math>? ¿Solicita medir valores de las concentraciones de iones <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> y/o <math>\text{OH}^-</math>? ¿Solicita establecer relaciones del pH con los valores medidos de las concentraciones de iones <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> y <math>\text{OH}^-</math>? ¿Solicita medir usando diferentes formatos del eje (logarítmico/lineal) y/o diferentes unidades de medida (concentración/cantidad de moles)? ¿Solicita comparar las concentraciones o cantidad de moles de los iones <math>\text{H}_3\text{O}^+</math>, <math>\text{OH}^-</math> y de <math>\text{H}_2\text{O}</math> para una solución? ¿Solicita analizar la representación gráfica de la cantidad de iones <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> y <math>\text{OH}^-</math> en relación con los valores de pH activando las casillas correspondientes? ¿Propone la dilución con agua? ¿Propone comparar el pH para soluciones diluidas y concentradas? ¿Propone explicar o justificar los cambios de pH en función de la variación de las concentraciones?</li> <li>• <b>Mi solución:</b> ¿Solicita manipular los valores de pH para relacionar con las cantidades o las concentraciones de iones? ¿Solicita manipular los valores de las cantidades o concentraciones de iones para relacionar con el pH? ¿Solicita medir usando diferentes unidades de medida (concentración/cantidad de moles)? ¿Solicita analizar la representación gráfica de la cantidad de iones <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> y <math>\text{OH}^-</math> en relación con los valores de pH activando las casillas correspondientes?</li> </ul>
Autonomía en el desarrollo de la actividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Otorga al estudiantado autonomía para realizar algunas actividades?, ¿cuáles? ¿La propuesta en general puede considerarse pautada, condicionada por las consignas o libre?</li> </ul>

Uso de recursos  
complementarios

- ¿Qué recursos propone utilizar además de la simulación?

---

Fuente: Elaboración propia.

## RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos referidos a cada uno de los aspectos considerados en esta investigación. En algunos casos se citan ejemplos representativos en los cuales se nombra a la producción de cada participante con la letra A seguida de un número de orden asignado al azar y la indicación 1 cuando se trata específicamente de la propuesta inicial y 2 cuando se refiere a la reformulación. Cuando se hace mención de la frecuencia absoluta obtenida, se indica el número N de propuestas involucradas en cada categoría.

Con respecto a aquellos aspectos vinculados con a quiénes enseñar, se analiza:

### Adecuación de las propuestas al hipotético alumnado

Para evaluar la adecuación de la propuesta al hipotético alumnado se examina si las tareas incluyen el uso de lenguaje matemático a través de fórmulas, ecuaciones o cálculos acordes al abordaje sugerido en el Diseño Curricular para el Ciclo Orientado de la Educación Secundaria. Se observa que algunas y algunos participantes hacen un acercamiento a este tipo de abordaje en su primera propuesta (N=4), planteando el uso de ecuaciones sencillas que permiten calcular las concentraciones a partir del pH o hallar el pH conociendo las concentraciones. Quienes seleccionan este abordaje lo hacen tanto en un primer momento como en la reformulación de la propuesta. Las y los demás estudiantes (N=7) se limitan a proponer la realización de mediciones que pueden hacerse de manera directa usando la simulación, pero no plantean operar matemáticamente con dichos valores.

Se analiza, además, con qué secciones de la simulación proponen la realización de tareas. En la primera planificación de actividades demandan el uso de la pestaña Micro (N=9), de la pestaña Macro (N=8) y, en menor medida, de la pestaña Mi Solución (N=1). La suma de las frecuencias absolutas supera el total de la muestra puesto que la mayoría de las propuestas incluyen actividades correspondientes a distintas pestañas. En la reformulación se nota un mayor aprovechamiento de las posibilidades de la simulación alcanzando los siguientes valores: pestaña Macro (N=10), pestaña Micro (N=11) y Mi Solución (N=3). Estos resultados muestran una preferencia por el uso del abordaje Micro y Macro por sobre Mi Solución. Cabe destacar que en las primeras producciones en muchos casos no se hace explícito en las consignas en qué pestaña trabajar. Esto implica que los resultados antes señalados se infieren en función de las exigencias de cada tarea y de las posibilidades del software. El hecho de explicitar la pestaña a utilizar como parte de la consigna fue incluido por todas y todos participantes en la reformulación, dado que durante el encuentro sincrónico se trabajó la necesidad de su explicitación en la consigna.

Con relación a aquellos aspectos vinculados a qué enseñar, se analiza:

## Contenidos seleccionados para trabajar con la simulación

Se examinan los contenidos disciplinares abordados por las y los participantes en cada una de las propuestas y se indican entre paréntesis los códigos asociados a sus producciones según la nomenclatura antes mencionada. En las propuestas iniciales, las actividades se refieren a: soluciones neutras, ácidas y básicas (A3-1, A5-1, A9-1, A10-1); pH de una solución (A1-1, A2-1, A3-1, A4-1, A5-1, A6-1, A8-1, A9-1, A10-1, A12-1, A13-1); relación del pH con la concentración (A2-1, A4-1, A8-1, A9-1, A10-1, A13-1); cantidad y concentraciones de  $H_3O^+$  y  $OH^-$  en una solución (A1-1, A2-1, A3-1, A4-1, A9-1); pKa (A9-1, A12-1); indicadores ácido-base (no previsto en la simulación) (A1-1); neutralización de soluciones (A2-1); aplicaciones del concepto de pH en situaciones de la vida cotidiana (no previsto en la simulación) (A5-1, A12-1).

En la reformulación, en algunos casos, se amplían los contenidos abordados para tratar otros que no habían incluido en la propuesta inicial: soluciones en neutras, ácidas y básicas (A1-2, A6-2, A13-2); relación del pH con la concentración (A3-2, A6-2, A12-2); cantidad y concentraciones de  $H_3O^+$  y  $OH^-$  en una solución (A5-2, A6-2, A8-2, A12-2, A13-2); neutralización de soluciones (A1-2, A9-2). En otros casos, en la propuesta reformulada se suprime el contenido relacionado con los indicadores ácido-base (A1-2) y se fundamenta la eliminación dada la dificultad de abordar este contenido exclusivamente a partir de la simulación.

## Práctica científica

A fin de examinar la relación entre las propuestas elaboradas por las y los estudiantes con la práctica científica, se valoran varios aspectos. Uno de ellos se vincula con el planteo de un problema o pregunta problematizadora para abordar el tema disciplinar, lo cual ocurre en solo una de las propuestas reformuladas por las personas participantes. La actividad se contextualiza en una situación cotidiana referida al dolor y ardor estomacal ocasionado como efecto del vómito para ser explicado usando el concepto de pH (A3-2).

En algunas propuestas, el trabajo no se circunscribe al uso de la simulación como recurso, sino que se promueve la consulta a otras fuentes de información para buscar específicamente datos sobre indicadores ácido-base (fenolftaleína) (A1-1), para justificar la respuesta a preguntas (A5-1) o para conocer más sobre los compuestos que constituyen las soluciones analizadas (A12-1).

No se registran actividades que incluyan de manera directa el planteo de hipótesis, aunque se detectan propuestas en que se pide al estudiantado que anticipe resultados solicitándoles la realización de predicciones (A1-2, A3-1, A3-2, A6-2, A13-2). Por ejemplo: “¿qué sucedería con la concentración de iones hidronio y de iones oxhidrilo al agregar agua hasta neutralizar?” (Estudiante A1-2, 24 de abril de 2023) o “predecir (cualitativa y cuantitativamente) cómo la dilución afectará al pH” (Estudiante A6-2, 24 de abril de 2023). En ciertos casos, además de la predicción, se solicita su posterior corroboración a partir de la simulación (A3-1, A3-2, A13-2). Por ejemplo, “prediga qué sucedería con el pH y luego compruebe mediante la simulación”, refiriéndose al agregado de agua a diferentes soluciones proporcionadas (Estudiante A3-1, 10 de abril de 2023).

En relación con el diseño de experimentos, generalmente, las propuestas elaboradas son pautadas y marcan al estudiantado los pasos a seguir mediante el uso de la simulación. Sin embargo, se detecta mayor apertura en algunos enunciados (A6-2, A10-2, A13-1). Por ejemplo: “investiga si el cambio de volumen o la dilución con agua afecta el pH” (Estudiante A6-2, 24 de abril de 2023). En todas las secuencias se solicita el registro de las observaciones y/o mediciones realizadas con el

objetivo de recolectar datos. En ciertos casos solo se pide anotar, pero en otros se indica explícitamente que dichas observaciones deben organizarse en tablas (A1-2, A8-1, A8-2, A9-2, A13-2). Por ejemplo, “medir... su valor de pH y anotar. Realizar una tabla en forma creciente de acidez de acuerdo con los datos obtenidos” (Estudiante A9-2, 24 de abril de 2023). Las observaciones y datos registrados sirven, en muchos casos, de insumo para responder preguntas. Por ejemplo, “comparando el café y el jugo de naranja, anotar en el cuaderno las concentraciones de  $\text{HO}^-$  y de  $\text{H}_3\text{O}^+$ , ¿qué nos pueden decir esos datos acerca de cuál es más básico o más ácido?” (Estudiante A9-1, 10 de abril de 2023). Sin embargo, en otros casos se pide realizar mediciones y registrar los datos obtenidos, mismos que luego no son utilizados en las actividades restantes.

Respecto de la argumentación o justificación de resultados, se nota que, tanto en la propuesta inicial como en la reformulación, se solicita justificar observaciones registradas a partir del uso de la simulación o a partir de la teoría estudiada (A1-2, A2-1, A2-2, A5-1, A5-2, A8-1, A8-2, A10-1, A10-2, A13-2). Por ejemplo: “explicar qué sucede con... cuando movemos el icono...” (Estudiante A2-1, 10 de abril de 2023 y Estudiante A2-2, 24 de abril de 2023) o “realice el cálculo de pH para las diferentes sustancias vistas. Y explique cómo varía si aumenta o disminuye la concentración” (Estudiante A8-1, 10 de abril de 2023 y Estudiante A8-2, 24 de abril de 2023).

En ninguna propuesta se solicita enunciar resultados generales de las tareas realizadas elaborando conclusiones. Sin embargo, en muchos casos ( $N=8$ ) se pide interpretar resultados a partir de la teoría mediante la demanda de tareas que exigen usar algunos de los conceptos básicos estudiados. Por ejemplo, “determinar por medio del pHmetro si las sustancias disponibles en el simulador son ácidas, básicas o neutras” (Estudiante A13-2, 24 de abril de 2023).

Con relación a aquellos aspectos vinculados a cómo enseñar, se analiza:

### **Inclusión de una exploración inicial de la simulación**

Solo dos propuestas iniciales (A6-1, A8-1) incluyen una exploración previa de la simulación, planteando las actividades en forma general. Por ejemplo: “al explorar las simulaciones, identifique la diferencia a nivel macro y micro” (Estudiante A6-1, 10 de abril de 2023). En la reformulación se suman a esta categoría otras propuestas (A2-2, A4-2, A10-2, A12-2), por medio de actividades también muy generales y con pocas orientaciones para la exploración. Por ejemplo: “ingrese en la simulación Escala de pH, seleccione la sección macro e interactúe en la misma” (Estudiante A10-2, 24 de abril de 2023).

### **Demanda de las actividades propuestas**

#### **(a) Macro**

En la primera propuesta de actividades, se solicita medir, en la pestaña Macro, el pH de varias soluciones de la vida cotidiana seleccionadas entre las que propone la simulación ( $N=5$ ). En la reformulación aumentó la frecuencia para esta tarea ( $N=8$ ). En algunos casos se solicita la medición, únicamente, para la sangre ( $N=2$ ). Se destaca en una de las propuestas, que se sugiere organizar los resultados de las mediciones en una tabla (A8-1 y A8-2). También, se nota en otra propuesta una posible dificultad conceptual relacionada con que se fija, innecesariamente, el volumen de la muestra a utilizar al realizar la medición (A3-2).

En algunas de las actividades propuestas, inicialmente, se solicita analizar la variación del pH al diluir la solución dada agregando agua ( $N=5$ ). Por ejemplo: “elija una sustancia que tenga un pH

ácido y otra con un pH básico, luego realice el agregado de agua. Posteriormente explique qué sucede con el pH” (Estudiante A10-1, 10 de abril de 2023). En la reformulación de las propuestas, se suman a estas una en la que se plantea la dilución con agua (N=6). Además, en ciertos casos, se solicita el análisis de la variación del pH en relación con la concentración. Por ejemplo: “en la pestaña ‘macro’ añada distintos volúmenes de las muestras propuestas por la simulación, luego agrega agua y observa cómo varía el pH de las soluciones al ir variando la concentración de las mismas” (Estudiante A12-2, 24 de abril de 2023).

Haciendo uso de la pestaña Macro, se proponen otras tareas además de las anteriormente señaladas (N=2). En una de ellas se solicita experimentar para comprobar que el valor de pH no depende del volumen de la muestra y en otra, tanto en la formulación inicial como en la reformulación, se sugiere caracterizar las soluciones teniendo en cuenta su pH, lo cual podría hacerse en vinculación con conceptos de la disciplina. Por ejemplo: “en esta misma sección, haz variar el volumen de cada sustancia ... y observa si se produce algún cambio en el pH. Registra las observaciones y luego justifica” (Estudiante A1-2, 24 de abril de 2023).

#### (b) Micro

Entre las actividades que utilizan la pestaña Micro, en algunas (N=7) se solicita medir el pH de soluciones sin establecer relaciones con valores de las concentraciones de iones  $H_3O^+$  y/o  $OH^-$ , así por ejemplo, se propone: “busca tres soluciones con valores de pH distinto... Indicar cuáles son estas soluciones” (Estudiante A5-1, 10 de abril de 2023). Mientras que en otras (N=4), se solicita establecer relaciones entre el pH y las concentraciones de iones  $H_3O^+$  y  $OH^-$ , por ejemplo: “calcular la concentración de  $H^+$  y de  $HO^-$  de una solución de jabón de manos en agua a un  $pH=9,60$ ” (Estudiante A9-1, 10 de abril de 2023). En la reformulación de actividades, todas se modificaron de forma tal que se solicita establecer relaciones entre el pH y las concentraciones de iones  $H_3O^+$  y/o  $OH^-$ , así por ejemplo: “explique la relación entre pH de las sustancias y la concentración de iones en ellas” (Estudiante A13-2, 24 de abril de 2023).

Se destacan, en varias de las propuestas iniciales, actividades que demandan el uso exclusivo de concentraciones (N=9). Solo en dos propuestas aparece el uso de cantidad de moléculas (A4-1, A10-1). Además, en pocos casos (N=2) se proponen inicialmente actividades que demandan la comparación entre concentraciones o cantidad de moles de los iones  $H_3O^+$ ,  $OH^-$  y de  $H_2O$  para una solución: “comparando el café y el jugo de naranja, anotar en el cuaderno las concentraciones de  $H_3O^+$  y  $OH^-$ . ¿Qué nos pueden decir esos datos acerca de quién es más ácido o más básico?” (Estudiante A9-1, 10 de abril de 2023).

Cuando se reformulan las actividades, se incluye el uso de cantidades de moléculas y/o de iones (N=4) así, por ejemplo: “¿qué iones son los predominantes en un pH ácido?” (Estudiante A13-2, 24 de abril de 2023). Solo en un caso se agrega una actividad que demanda una comparación “describir que sucede en cada caso con las concentraciones mol/L y la cantidad de moles de iones” (Estudiante A13-2, 24 de abril de 2023).

Además, en ninguna de las propuestas iniciales se aprovecharon los diferentes formatos del eje (logarítmico/ lineal), pero cuando se reformulan las actividades, en algunas (N=3), se agrega el uso en escala logarítmica, así por ejemplo: “determinar la concentración en mol/l de  $OH^-$  y  $H^+$  de forma logarítmica” (Estudiante A4-2, 24 de abril de 2023). Además, en la propuesta inicial, solo en una de ellas (A2) se solicita el uso de esta representación gráfica de la cantidad de iones. En la reformulación de las actividades, en algunos casos (N=3), se propone el uso de tal representación (A1-2, A2-2 y A5-2), así por ejemplo: “seleccionar la opción de proporción y agregar jabón de manos

Revista Educación, 2024, 48(1), enero-junio, ISSN: 0379-7082 / e-ISSN 2215-2644

¿cuáles son los iones que se encuentran en mayor proporción?” (Estudiante A5-2, 24 de abril de 2023). Se evidencia que estas actividades se basan exclusivamente en la medición de la proporción de iones  $H_3O^+$  y  $OH^-$ .

Pocas propuestas plantean inicialmente actividades que demandan la dilución con agua ( $N=2$ ) por ejemplo “¿qué sucede con las concentraciones de  $H_3O^+$  y  $OH^-$  al adicionar agua al recipiente? ¿y con el pH?” (Estudiante A4-1, 10 de abril de 2023). En la reformulación de actividades, en dos de las propuestas se incluyen tareas que implican dicha dilución, por ejemplo:

Describir qué sucede en cada caso con la concentración mol/L y la cantidad en moles de los iones presentes, determinados anteriormente. Si a un volumen de 0,5L de agua, se le adiciona 0,5L de las siguientes sustancias: jabón de manos; leche; gaseosa. (Estudiante A13-2, 24 de abril de 2023)

Se observa que, por lo general, las actividades que se proponen se basan en la observación y registro de datos o descripción de lo observado. Entre las propuestas que implican la dilución con agua, en dos se plantea la comparación del pH para estas soluciones, por ejemplo: “¿qué pasa con... al adicionar agua al recipiente? ¿y con el pH?” (Estudiante A4-1, 10 de abril de 2023); “explique la relación entre los pH de las sustancias y la concentración de iones en ellas” (Estudiante A13-2, 24 de abril de 2023). Al analizar las actividades que implican la dilución con agua, se observa que solo en este último ejemplo, se propone la explicación de los cambios del pH en función de la variación de la concentración.

(c) Mi solución

Sólo en una propuesta de actividades iniciales (A2-1) se solicita el uso de la pestaña Mi solución: “registrar y explicar qué sucede con los iones  $OH^-$  y el pH cuando movemos el icono de  $H_3O^+$  hacia abajo en el pHmetro” (Estudiante A2-1, 10 de abril de 2023). Cuando se reformula, se suma a esta propuesta: “describir qué efectuamos... cuando disminuimos la concentración de iones positivos, a volumen constante (0,5L)... predecir y comprobar qué sucede al realizar el procedimiento inverso (aumentar la concentración de iones positivos) partiendo de una sustancia neutra” (Estudiante A13-2, 24 de abril de 2023).

Se observa que en ambos casos se solicita manipular valores, en uno iones  $H_3O^+$  para registrar cambios en valores de otros iones sin solicitar relación con el pH y, en la otra propuesta, se demanda la manipulación de valores de  $H_3O^+$  para observar, describir, predecir y comprobar qué sucede con el pH. Además, ambas propuestas coinciden en la manipulación de iones y no se incluye la manipulación de valores del pH, ni se aprovechan otras posibilidades de la simulación como la manipulación de los valores de las cantidades o concentraciones de iones para relacionar con el pH, la medición usando diferentes unidades de medida y el análisis de la representación gráfica de la cantidad de iones  $H_3O^+$  y  $OH^-$  en relación con los valores de pH.

### **Autonomía en el desarrollo de la actividad**

En esta categoría se analiza de qué modo algunas propuestas otorgan al estudiante autonomía para realizar algunas actividades. Si bien en la mayoría de los casos las consignas pueden considerarse pautadas, en otros se deja cierto grado de libertad en su realización. La mayoría de las propuestas fija las sustancias a utilizar, pero en ciertas ocasiones se deja al estudiantado la elección de las sustancias de trabajo, ya sea para que la realice según sus propios criterios o para que use el criterio indicado.

Por ejemplo: “elegir dos sustancias... e indicar para cada una” (Estudiante A1-1, 10 de abril de 2023) o “buscar tres soluciones con valores de pH distinto: una de pH igual a 7, una menor a 7 y uno mayor a 7” (Estudiante A5-1, 10 de abril de 2023). Cabe destacar que se pauta en todas las propuestas el número de sustancias cuyas características se debe explorar usando la simulación. En algunos casos se fija el volumen de sustancia a considerar para el análisis, aunque en la mayoría de las propuestas se deja al estudiante libertad para fijar su valor. Por ejemplo: “partiendo de 500 ml de agua... le agrego 500 ml de jugo de naranja” (Estudiante A3-1, 10 de abril de 2023) o “debemos añadir limpiador de desagüe” (Estudiante A4-2, 24 de abril de 2023).

Algunas tareas propuestas también implican cierta autonomía en los procedimientos. Así, para hacer un análisis de la dependencia entre variables se fijan las variables a vincular, se establece la variable independiente y la variable dependiente, pero no se indica cuántas variaciones debe hacer el estudiantado ni se cuantifican los valores de dichas variables desde las consignas. Por ejemplo: “haz variar el volumen de cada sustancia... y observa si se produce algún cambio en el pH” (Estudiante A1-2, 24 de abril de 2023).

En general, es posible afirmar que la mayoría de las propuestas son pautadas, aunque en algunas se deja autonomía al estudiantado para tomar decisiones en relación con las sustancias de trabajo o con los procedimientos. Cabe destacar que en ningún caso se propuso una situación problematizadora en la que las y los estudiantes tuvieran que decidir en forma libre y por sí solos todas las etapas del desarrollo de las tareas usando la simulación.

### Uso de recursos complementarios

En ocasiones las propuestas trascienden el uso exclusivo de la simulación e involucran la utilización de otros recursos complementarios de trabajo. Por ejemplo, fuentes de información para buscar datos o desarrollos experimentales. Por ejemplo: “investigar qué color tomarán las soluciones en presencia de fenolftaleína” (Estudiante A1-1, 10 de abril de 2023) o “busque información para contestar dicha pregunta” (Estudiante A5-1, 10 de abril de 2023).

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Algunas consideraciones generales que surgen de los resultados de la investigación aquí presentada son:

- La mayoría de las propuestas se limitó a solicitar un acercamiento básico, macroscópico y/o cualitativo a los contenidos.
- En todas las propuestas iniciales no se incluyeron tareas de acercamiento o consignas específicas de guía para orientar el uso de los diferentes modos de interacción disponibles en cada pestaña de la simulación.
- Los contenidos relacionados con el tema que se consideraron en las propuestas se refieren principalmente al concepto de pH y su utilización en la clasificación de soluciones, siguiendo en frecuencia la relación del pH con la concentración de la solución y la concentración de iones  $H_3O^+$  y  $OH^-$ . Por otra parte, en la mayoría de los casos se circunscribe a un tratamiento de aspectos conceptuales del fenómeno en estudio. Se destaca en este sentido la frecuencia con que se solicita la justificación de resultados a la luz de la teoría.

- En relación con la demanda de las actividades propuestas, se detecta un aprovechamiento exhaustivo de la pestaña Macro, aunque no de las pestañas Micro y Mi solución.
- Con respecto a la autonomía que se deja al hipotético estudiantado en la elección de sustancias, procedimientos y modos de trabajo, se nota un amplio espectro de abordaje en las propuestas analizadas.

## CONCLUSIONES

A partir del análisis de resultados antes expuesto, es posible inferir algunas conclusiones y recomendaciones relacionadas con la formación docente inicial. Uno de los aspectos a tener en cuenta tiene que ver con a quiénes se enseña y se relaciona con la correspondencia entre el nivel de profundización de los contenidos en las propuestas elaboradas por las y los futuros docentes y las exigencias del diseño curricular para cada nivel educativo. En este caso, el ciclo orientado de la educación secundaria demanda un abordaje cuantitativo del tema disciplinar, lo cual no se tuvo en cuenta en la mayoría de las propuestas.

Con relación a qué se enseña al estudiantado, se destaca el tratamiento casi exclusivo de aspectos conceptuales en las propuestas elaboradas, lo cual implica una escasa promoción de habilidades propias de las prácticas científicas. Este aspecto resulta crucial en términos de la alfabetización científica ya que, al no considerarse en todos los casos, las tareas tienden a plantearse como meros ejercicios.

Con respecto a cómo se enseña, surge que el uso de una simulación se presenta sin un abordaje previo para conocer su forma de manejo y potencialidades. Resultaría oportuno incluir una exploración inicial del recurso como una de las primeras tareas para su mejor aprovechamiento. No es aconsejable suponer que su interpretación y uso por parte del estudiantado debería darse de manera intuitiva y trivial. También, se detecta mayor énfasis en el uso de la simulación a nivel macroscópico, lo cual podría asociarse a un abordaje más superficial del contenido que fue elegido por la mayoría de las y los participantes. Este aspecto marca una dificultad sustancial que se podría vincular con obstáculos en su conocimiento del contenido, con la preferencia por actividades básicas o superficiales, con la escasa exploración de las posibilidades de la simulación, todos aspectos que podrían impactar de manera directa en su futuro desempeño profesional. Por otra parte, cabe afirmar que es limitada la autonomía que se deja al estudiantado en las interacciones con la simulación. En este sentido, se destaca la ausencia de planteos totalmente abiertos en que se otorgue gran protagonismo al alumnado al momento de decidir sustancias, procedimientos y modos de trabajo.

El análisis realizado muestra que, aunque la riqueza de las simulaciones como recurso tecnológico para el aprendizaje de la Química es muy amplia, quienes participaron en esta investigación lograron formular propuestas áulicas acotadas y con algunas dificultades que se han reportado en este artículo. El examen cuidadoso y la posterior retroalimentación permitió promover la reflexión sobre las propuestas iniciales en una instancia de discusión grupal que, si bien favoreció que las mismas fueran enriquecidas en una instancia de reformulación, mantienen algunos rasgos que justifican la necesidad de un abordaje detallado y continuo de la utilización didáctica de las simulaciones en la formación docente inicial. Sin lugar a dudas, no basta con que las y los estudiantes de profesorado hayan utilizado simulaciones en el aprendizaje de contenidos disciplinares, como se ha corroborado en un estudio anterior (Bizzio et al., 2022), para asegurar una formación adecuada en la generación de propuestas áulicas para enseñar Química usando las mismas como recurso principal.

Se concluye así que la complejidad de significados que se conjugan en las simulaciones y la necesidad de que su utilización favorezca el aprendizaje, acercando a las y a los estudiantes a los modelos científicos subyacentes, exigen que las propuestas áulicas que las incluyen sean coherentes con las necesidades educativas del alumnado a quien se enseña, con las propuestas curriculares que orientan acerca de qué se enseña en cada nivel y contexto educativo, así como con los modelos didácticos contemporáneos de enseñanza de las Ciencias Naturales que sugieren cómo se debería enseñar. Teniendo en la mira estos aspectos, sería necesario repensar la formación docente.

## REFERENCIAS

- Alves, R., Araújo, R. y de Vasconcelos, F. (2019, 25-28 de junio). *O uso de simulações PhET no ensino dos conceitos de ácido e base* [El uso de simulaciones PhET en la enseñanza de los conceptos ácido y base]. [Conferencia]. XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XII ENPEC. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN. [https://www.researchgate.net/publication/341447974\\_O\\_USO\\_DE\\_SIMULACOES\\_PHET\\_NO\\_ENSINO\\_DOS\\_CONCEITOS\\_DE\\_ACIDO\\_E\\_BASE](https://www.researchgate.net/publication/341447974_O_USO_DE_SIMULACOES_PHET_NO_ENSINO_DOS_CONCEITOS_DE_ACIDO_E_BASE)
- Anijovich, R. y Cappelletti, G. (2017). *La evaluación como oportunidad*. Paidós.
- Anijovich, R. y Mora, S. (2010). *Estrategias de enseñanza. Otra mirada al quehacer en el aula*. Aique Grupo Editor.
- Ayón, E. y Vítores, M. (2020). La simulación: Estrategia de apoyo en la enseñanza de las Ciencias Naturales en básica y bachillerato. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*, 6(2), 04-22. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1204>
- Bizzio, M. de los Á., Guirado, A. M. y Maturano, C. (2022). El uso de simulaciones como estrategia didáctica: una experiencia con futuros docentes de Física y de Química. En I. Idoyaga y J.E. Maeyoshimoto (Comps.), *Enseñanza de las Ciencias Naturales en pandemia: Encuentro virtual de Enseñanza de las Ciencias Naturales- EnCiNa 5* (pp. 223-225). Editorial FEDUN. <https://fedun.com.ar/editorial/ensenanza-de-las-ciencias-naturales-en-tiempos-de-pandemia/>
- Calderón, S., Núñez, P., Di Laccio, J., Iannelli, L. y Gil, S. (2015). Aulas-laboratorios de bajo costo, usando TIC. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 212-226. <https://www.redalyc.org/pdf/920/92032970014.pdf>
- Chamberlain, J. M., Lancaster, K., Parson, R. y Perkins, K. K. (2014). How guidance affects student engagement with an interactive simulation [Cómo la orientación afecta la participación de los estudiantes con una simulación interactiva]. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 628-638. <https://doi.org/10.1039/C4RP00009A>
- De Vasconcelos, F. (2016). Considerações de licenciandos em Química sobre o uso de simulações PhET em aulas simuladas [Consideraciones de estudiantes de Química sobre el uso de simulaciones PhET en clases simuladas]. *Revista Tecnologia na Educação*, 8(14), 1-13. <https://acortar.link/D3H0YR>
- Instituto Vasco de Investigación y Evaluación educativa. (2017). *PISA: Competencia Científica*. ISEI. IVEI. [https://isei-ivei.euskadi.eus/c/document\\_library/get\\_file?uuid=35e2983a-7b45-4fb3-943d-b5d8dc459b4a&groupId=635622](https://isei-ivei.euskadi.eus/c/document_library/get_file?uuid=35e2983a-7b45-4fb3-943d-b5d8dc459b4a&groupId=635622)

- Lobo, H. (2019). TIC y modelo curricular universitario. En H. Lobo, J. Briceño y J. Terán (Orgs.), *Estrategias de Enseñanza/Aprendizaje: investigaciones desde el CRINCEF* (pp. 271-291). Pimenta Cultural. <https://doi.org/10.31560/pimentacultural/2019.652>
- López, D. (2020). Estrategias didácticas para el uso eficaz de simulaciones interactivas en el aula. *Latin American Journal of Science Education*, 7(12019), 1-14. [http://www.lajse.org/may20/2020\\_12019.pdf](http://www.lajse.org/may20/2020_12019.pdf)
- López, V. y Ferrer, D. (2021). Análisis del uso de un simulador de colisiones para resolver un accidente de tráfico. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(3), 51-70. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3330>
- Lucero, I., Chamorro, T. y Delgado, M. E. (2018, 14-15 de junio). *Indicadores ácido-base de laboratorio en entorno virtual*. [Conferencia]. XIII Congreso Nacional de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. Universidad Nacional de Misiones, Posadas, Misiones, Argentina. <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/view/941/929/3085-1>
- Manghi, D., González, D., Echeverría, E., Marín, C., Rodríguez, P. y Guajardo, V. (2013). Leer para aprender a partir de textos multimodales: los materiales escolares como mediadores semióticos. *REXE-Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 12(24), 77-91. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=243129663005>
- Martínez, L., Hinojo, F. y Aznar, I. (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. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000200041>
- Ministerio de Educación. (2017). *Diseño curricular jurisdiccional de educación secundaria orientada y artística*. Ministerio de Educación de San Juan.
- Ortiz, F. y Álava, C. (2021). *Formación Científica: Un Desafío para la Educación Mediada*. Libros Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Pacheco, A., Lorduy, D. y Páez, J. (2021a). Criterios de una secuencia didáctica utilizando simuladores PhET asociados a experiencias de laboratorio para la enseñanza de la Química. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (Número Extraordinario), 727-733. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/15181>
- Pacheco, A., Lorduy, D., Flórez, E. y Páez, J. C. (2021b). Uso de simuladores PhET para el aprendizaje del concepto de soluciones desde las representaciones en química. *Revista Boletín Redipe*, 10(7), 201-213. <https://doi.org/10.36260/rbr.v10i7.1358>
- Pontes, A. (2019). Actividades de formación docente para familiarizarse con el modelo de aprendizaje por indagación en un entorno virtual. En REDINE (Ed.), *Conference Proceedings EDUNOVATIC 2019* (pp. 450-454). Redine. <http://www.edunovatic.org/wp-content/uploads/2020/03/EDUNOVATIC19.pdf>
- Pontes, A. y Oliva, J.M. (2019). Una experiencia de trabajo con laboratorios virtuales en la formación inicial docente. En C. Vasconcelos, R. Ferreira, C. Calheiros, A. Cardoso, B. Mota y T. Ribeiro (Eds.), *Proceedings Book: III International Seminar of Science Education* (pp. 367-374). U. Porto Edições. <http://doi.org/10.24840/978-989-746-198-9>

Revista Educación, 2024, 48(1), enero-junio, ISSN: 0379-7082 / e-ISSN 2215-2644

- Sánchez, W. (2021). La simulación Phet en el aprendizaje de las ciencias naturales y las matemáticas. *Revista Académica Arjé*, 4(1), 81-95. <https://revistas.utn.ac.cr/index.php/arje/article/view/350>
- Silva, A., Martins, G. y Bizarria, G. (2021). Desenvolvimento de modelos mentais de alunos sobre escala de pH por meio do uso de uma simulação computacional [Desarrollo de modelos mentales de los estudiantes sobre la escala de pH mediante el uso de una simulación por computadora]. En A. Araya, G. Osorio y M. Pereira (Orgs.), *O ensino de Ciências e as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC): pesquisas desenvolvidas na educação básica* (pp. 65-96). Unesp Editora. <https://books.scielo.org/id/cwcpz/pdf/araya-9786557140543.pdf>
- Smetana, L. K. y Bell, R. L. (2012). Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature [Simulaciones por computadora para apoyar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: una revisión crítica de la literatura]. *International Journal of Science Education*, 34(9), 1337– 1370. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.605182>
- University of Colorado Boulder. (2023, 10 de julio). *Escala de pH*. PhET Interactive Simulations. [https://phet.colorado.edu/sims/html/ph-scale/latest/ph-scale\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/ph-scale/latest/ph-scale_es.html)
- Watson, S. W., Dubrovskiy, A. V. y Peters, M. L. (2020). Increasing chemistry students' knowledge, confidence, and conceptual understanding of pH using a collaborative computer pH simulation [Aumentar el conocimiento, la confianza y la comprensión conceptual del pH de los estudiantes de química mediante una simulación colaborativa de pH por computadora]. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(2), 528-535. <https://doi.org/10.1039/C9RP00235A>