



Estrategias didácticas para el uso eficaz de simulaciones interactivas en el aula

Diana Berenice López Tavares

PhET Interactive Simulations, Universidad de Colorado Boulder, Colorado, EUA.

ARTICLE INFO

Received: 25 octubre 2019

Accepted: 17 febrero 2020

Available on-line: 30 mayo 2020

Keywords: Simulaciones interactivas, Indagación científica, Clases expositivas.

E-mail addresses:

Diana.LopezTavares@colorado.edu

ISSN 2007-9842

© 2020 Institute of Science Education.

All rights reserved

ABSTRACT

Interactive simulations are a useful tool to improve conceptual learning and scientific practices development in students. However, the simulation's efficiency depends on the didactic strategy implemented by teachers. This paper is a summary of didactic strategies with research results that show an impact on student learning. The goal of this paper is to be a guide for teachers who want to start using simulations or seek to diversify their strategies. When the science classroom has a projector and a computer, the strategies recommended are: Class Inquiry, Interactive Lecture Demonstrations (ILDs) and Clicker Questions (Peer Instruction). When the students have access to electronic devices (computers, tablets, or smartphones), the simulations can be used in Guided Inquiry activities in class or homework. These didactic strategies promote that students made predictions, collect evidence, build models and conclusions, as well as contribute the collaboration and argumentation between students, and increase their motivation. This paper includes the description of each didactic strategy, in which moment during a session is recommended used it, the educational level and activity design tips.

Las simulaciones interactivas son 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. Este artículo es una síntesis donde se describen algunas estrategias con sus resultados de investigación que muestran un impacto en el aprendizaje. El objetivo de este artículo es ser una guía para los profesores que quieran iniciarse en el uso de las simulaciones o busquen diversificar sus estrategias. Cuando las herramientas con las que cuenta el aula son un proyector y una computadora las estrategias recomendadas son: Indagación Grupal, Clases Demostrativas Interactivas (CDIs) e Instrucción por pares (preguntas Clicker). Cuando los alumnos tienen acceso a un dispositivo electrónico (computadora, tableta o smartphone), las simulaciones pueden usarse en actividades de Indagación Guiada en el aula o de tarea. Estas estrategias fomentan que los estudiantes elaboren predicciones, recolecten evidencia, construyan modelos, explicaciones y conclusiones, así como contribuir a la colaboración y argumentación entre estudiantes, y aumentar la motivación. El artículo incluye en que consiste cada una de las estrategias, en qué momento de la sesión se recomienda ser usada, el nivel educativo y consejos para el diseño de actividades.

I. INTRODUCCIÓN

El uso de simulaciones interactivas está incrementando en la educación en ciencias y matemáticas (D'Angelo, *et al.*, 2014). Las simulaciones usadas en la educación en ciencias son ambientes virtuales que permiten la visualización y exploración de fenómenos, donde los estudiantes manipulan variables usando diferentes controles, y reciben retroalimentación del efecto de esa manipulación inmediatamente por medio de una animación (por ejemplo, la figura 1 muestra un captura de pantalla de la simulación de Fuerzas y Movimiento: Fundamentos¹, donde los estudiantes pueden cambiar la fricción entre el suelo y los objetos, y observar el efecto de ese cambio en el movimiento del objeto y las fuerzas implicadas).

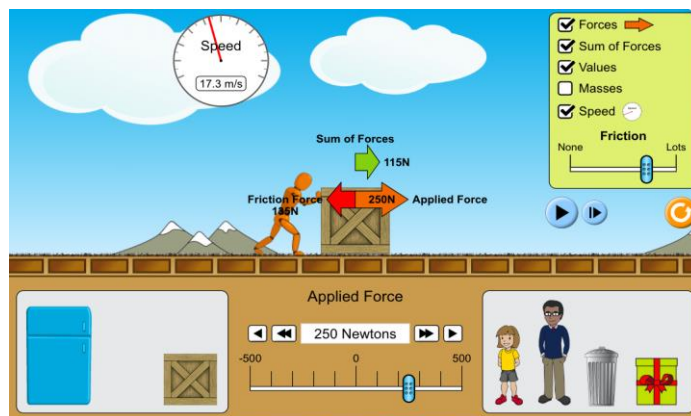


FIGURA 1. Ejemplo de una simulación usada en clase de ciencias: Fuerzas y Movimiento: Fundamentos.

Las simulaciones son una herramienta muy flexible, ya que pueden ser usadas en diferentes contextos (por ejemplo, en cualquier nivel académico), con diferentes herramientas en el aula (proyectores, pizarrones inteligentes, computadoras, tabletas o Smartphone), en diversos momentos del tema a abordar (como introducción, desarrollo o cierre) y pueden ayudar a cumplir varios objetivos de aprendizajes al ser usadas en diferentes estrategias didácticas (Price, *et al.*, 2018; Stephens, *et al.* n.d.; Podolefsky, Perkins, & Adams, 2010). El uso de simulaciones en el aprendizaje de ciencias hace las clases más atractivas, mostrando una visión de la ciencia más accesible y divertida. Ayuda a estimular un mayor entendimiento en los conceptos (Amadeu & Leal, 2013; Esquembre, 2005; Lopez Tavares, 2014; Velasco & Buteler, 2017), y también a desarrollar y fortalecer practicas científicas como la exploración, hacer predicciones, probar ideas, diseñar experimentos, argumentar, recolectar datos, hacer conclusiones y crear modelos (Salehi, *et al.*, 2015).

Otras ventajas del uso de las simulaciones interactivas en el aula son:

- Aceptan aportaciones de los usuarios, permitiendo que los alumnos jueguen un papel más activo en el proceso educativo y tener experiencias individualizadas de aprendizaje (Price, *et al.*, 2018)
- Muestran el fenómeno a través de una animación gráfica, lo que supone un valor añadido a la representación de fenómenos, procesos o situaciones. Dormido et al.(2005) describe que la percepción de la realidad de cada individuo es esencialmente visual. Por ello, la visualización aparece como algo profundamente natural para describir y/o comprender nuevas relaciones entre los objetos matemáticos y también en la construcción y comunicación del conocimiento. Esquembre (2005) agrega que la mente humana recuerda con mayor facilidad información visual que auditiva o escrita.
- Permiten observar el fenómeno desde diferentes puntos de vista e investigar fenómenos que no sería posible experimentar en un aula o un laboratorio escolar por ser costosos, peligrosos o requerir mucho tiempo. Las simulaciones hacen visible lo invisible, por ejemplo, permitir ver los vectores, moléculas o el campo magnético.
- Ayudan a dotar de significado a las expresiones matemáticas, interpretar datos y entender las traslaciones entre diversas representaciones.
- Estimulan la intuición de los estudiantes.

¹ La simulacion puede encontrarse en: <https://phet.colorado.edu/es/simulation/forces-and-motion-basics>

- Hacen conexiones con la vida diaria.
- Ayudan a identificar ideas previas y favorecer la construcción de modelos mentales adecuados.
- Se pueden realizar en internet por lo que el estudiante puede continuar usando la herramienta en su hogar, dándole continuidad a la experiencia educativa.
- Disminuye el tiempo requerido para la realización de un gran número de experiencias y cálculos debido a la flexibilidad y rapidez con que trabajan las computadoras.

Es importante recordar que las simulaciones son solo una herramienta y para lograr las ventajas y objetivos previamente descritos es indispensable su implementación usando estrategias didácticas adecuadas (Stephens & Clement, 2015). El diseño de la actividad didáctica y la facilitación por parte del profesor es crucial para promover el aprendizaje del estudiante (Podolefsky *et al.*, 2010; Zacharia *et al.*, 2015). Al diseñar actividades didácticas se debe considerar que el aprendizaje... (Goldberg, Otero, & Robinson, 2010).

- se construye sobre el conocimiento previo
- es un proceso complejo que requiere andamiaje
- se facilita mediante herramientas (simulaciones en este caso)
- se facilita mediante la interacción con otros
- se facilita mediante el establecimiento de ciertas prácticas y expectativas de conducta específicas.

Es el establecimiento de prácticas y conductas lo que define a una estrategia didáctica. La misma flexibilidad que ofrecen las simulaciones también genera la duda en los profesores ¿Cuál es la mejor estrategia didáctica para usar simulaciones en el aula? No hay una respuesta única a esta pregunta. En este artículo se describen algunas de las estrategias que han mostrado ser eficaces para promover el aprendizaje conceptual y el desarrollo de habilidades de las estudiantes con simulaciones como herramienta mediadora.

Es importante recordar que las estrategias en este artículo son alguna de las que pueden usarse. Aula invertida, aprendizaje basado en proyectos, entre otras, pueden también hacer uso de simulaciones. Las estrategias reportadas aquí son solo ejemplos y son un punto de partida para profesores que quieran iniciar en el uso de estas herramientas, o buscan perfeccionar o variar su implementación. Una estrategia no es mejor que otra. Cada una ofrece ventajas y depende de la forma de enseñar del profesor y el conocimiento de sus recursos y estudiantes, el saber elegir y obtener mejores resultados con una estrategia u otra. Las estrategias pueden combinarse y usarse en una o diversas sesiones.

II. INDAGACIÓN GRUPAL

El Aprendizaje por Indagación se ha convertido en una tendencia popular, principalmente porque involucra un proceso de aprendizaje más activo, independiente y significativo (Zacharia *et al.*, 2015). En las estrategias didácticas basadas en Aprendizaje por Indagación los estudiantes identifican problemas, desarrollan hipótesis, exploran con la simulación, observan, analizan, y tratan de identificar las relaciones causa-efecto (Moore, *et al.*, 2014; Zacharia, *et al.*, 2015).

En la Indagación grupal, la simulación es presentada a todo el grupo por medio de un proyector (Fig. 2). El profesor ayuda a guiar la manipulación y actividades con la simulación, por medio de cuestionamientos y enfocando la atención de los estudiantes, promoviendo la indagación. Esta estrategia didáctica puede ser usada al inicio, como desarrollo o cierre del tema.

Cuando es usada la simulación al inicio del tema, se recomienda una exploración más abierta de la simulación, con preguntas como:

- ¿De qué creen que se trata esta simulación?
- ¿Qué creen que representa ... (un elemento de la simulación, por ejemplo, un vector, o valor numérico)?
- ¿Cómo se podría ... (modificar la velocidad, aumentar la presión, construir un circuito con tres focos, etc.)?
- Predice ¿Qué pasaría si... (se funde un foco en el circuito, se cambia la gravedad, etc.)?
- Explica ¿Qué está pasando en la simulación? ¿Por qué se comporta de esa manera?



FIGURA 2. Ejemplo de un salón de clase donde se está utilizando la estrategia de Indagación grupal.

Cuando la simulación es usada en el desarrollo o cierre del tema, se recomiendan preguntas con situaciones más específicas en la simulación o el tema. Las preguntas deben motivar interacción con la simulación, haciendo énfasis en el efecto de la manipulación, la relación entre las variables, y ayudar a los estudiantes a comprender lo que se está representando. Se recomienda que no sean preguntas que se contestan con un sí/no. Más bien, tener preguntas que generen procesos de indagación. Por ejemplo, usando la simulación que se muestra en la figura 3 sobre flotabilidad², se observa que se puede modificar la densidad del fluido en la alberca, y la masa y el volumen del bloque que está hundido de la alberca (cambios que modificarán su densidad). Las fuerzas relacionadas con la flotabilidad pueden activarse para que su representación vectorial se visualice en la simulación. La Fig. 3 muestra las fuerzas de empuje (flecha rosa) y peso (flecha azul). En la Indagación grupal no se deben usar preguntas tipo: “¿flotará el bloque si aumentamos la densidad del fluido de la alberca?”. En su lugar, se deben hacer preguntas más abiertas como: “¿Qué puedo modificar en la simulación para hacer que el bloque flote?”

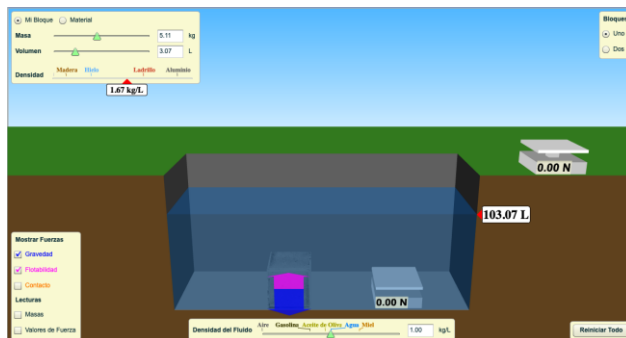


FIGURA 3. Simulación de Flotabilidad. La simulación permite explorar el principio de flotabilidad (principio de Arquímedes), identificando que variables definen si un objeto flota o se hunde en un fluido.

La segunda pregunta generará más ideas por parte de los estudiantes, que el profesor debe ayudar a organizar. Conforme ideas de los estudiantes vayan siendo compartidas con todo el grupo, el profesor puede ir las probando con la simulación, pidiendo a los estudiantes que expliquen el efecto y describan la razón de ese comportamiento. También se puede generar más discusión antes de probar una idea en la simulación. El profesor puede dar tiempo para que las preguntas sean respondidas de forma individual, compartir con compañeros o en pares, y finalmente compartir con todo el grupo. Durante la discusión grupal, el profesor o un estudiante pueden ir apuntando las ideas compartidas en una lista en el pizarrón, y antes de probar con la simulación, pedir predicciones del comportamiento. Siguiendo el ejemplo con la simulación de flotabilidad (Fig.3), es evidente que al hacer la pregunta los alumnos sugerirán modificar la densidad del fluido, el volumen del bloque y la masa del bloque. Antes de probar las ideas en la simulación, puede preguntarse ¿El valor de esa variable necesita aumentar o disminuir?, ¿Por qué esa variable afecta la flotabilidad?, ¿Qué pasaría con la densidad del bloque?, ¿Qué pasaría con la fuerza de empuje?, ¿Qué pasaría con el peso?

² Se puede acceder a la simulación en <https://phet.colorado.edu/es/simulation/buoyancy>

Algunos comentarios de profesores en contra de las simulaciones es que permiten situaciones que en la vida real no son posibles, por ejemplo, si deseo que un objeto flote en un fluido (una demostración clásica en aulas de ciencia es usar un huevo y agua como se muestra la Figura 4), para hacer que el objeto flote no se cambia la densidad del objeto (no puedo cambiar la densidad del huevo), lo que se cambia es la densidad del fluido (se agrega sal al agua para hacerla más densa que el huevo). Pero este tipo de reflexiones pueden lograrse con la simulación. Después de explorar manipulando las variables de densidad del fluido, y masa y volumen del bloque con la simulación, se puede discutir de cómo cambiar los valores de la masa y el volumen del bloque modifican al bloque, y ya no se tiene el mismo objeto que al inicio se quería que flotara. Pero otras reflexiones valiosas pueden surgir, por ejemplo, la idea de que un flotador/salvavidas “aumenta el volumen” de un objeto para que pueda flotar.

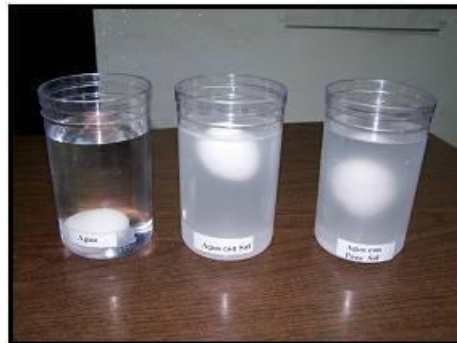


FIGURA 4. Demostración usada para mostrar como la flotabilidad de un objeto depende de la densidad del fluido donde se sumerge. Al agua se le va agregando sal para cambiar su densidad hasta hacer que el huevo flote.

El comparar simulaciones interactivas con experimentos demostrativos es una discusión común entre profesores de ciencias. Un experimento demostrativo es cuando el profesor hace el experimento frente al grupo y los estudiantes solo predicen, observan y explican. Investigaciones han mostrado que el impacto en el aprendizaje conceptual es el mismo con simulaciones que con experimentos demostrativos (Lopez Tavares, 2014), pero las simulaciones ofrecen ventajas en cuanto al desarrollo de la actividad (es más sencillo manipular controles en una simulación que mezclar agua con sal, además hay menos riesgo de accidente que con el agua, la sal o el huevo). La recomendación es usar ambos. Nuestra investigación previa (Lopez Tavares, 2014) sugiere que la combinación de simulaciones y experimentos demostrativos podrían generar una mejor experiencia de aprendizaje.

La Indagación grupal además permite que la clase sea guiada por aportaciones de los propios estudiantes, por ejemplo, cuando preguntan “¿Qué pasaría si...?” o los estudiantes sugieren una exploración o demostración más a detalle de aspectos del fenómeno o la simulación. Si el profesor considera pertinente y relacionado con el objetivo de aprendizaje, la Indagación grupal permite esa flexibilidad de modificaciones en la secuencia didáctica al momento de su implementación.

La Indagación grupal ha mostrado resultados efectivos en aula. Stephens y Clement (2015), encontraron que cuando se realizan discusiones grupales usando simulaciones interactivas se invierte más tiempo de la clase en conceptos cruciales del tema, en explorar las funciones y elementos claves de la simulación y del tema, y en ayudar a los estudiantes con dificultades conceptuales, comparado con actividades en grupos pequeños con la simulación. Pero para la eficiencia de esta estrategia, el profesor debe conocer muy bien la simulación, por lo que debe invertir tiempo explorando y familiarizándose con la herramienta antes de llevarla al aula.

III. CLASES DEMOSTRATIVAS INTERACTIVAS

Las Clases Demostrativas Interactivas (conocida como CDI es español o ILD en inglés) es una estrategia bastante conocida y popular en clases de ciencias que ha mostrado impacto positivo en el aprendizaje conceptual de los estudiantes y la interpretación de representaciones gráficas de fenómenos físicos (Sokoloff & Thornton, 1997). En esta estrategia didáctica la actividad central es el análisis y la discusión de experimentos demostrativos, algunos con el uso de sensores para la adquisición y análisis de datos en tiempo real, información interpretada por los mismos estudiantes de manera individual y grupal. Con el surgimiento de tecnología y la limitante de algunas aulas de no contar con el equipo necesario para los experimentos, se puede cambiar el experimento por una exploración con simulaciones (López Tavares & Orozco

Martínez, 2017).

La estrategia tiene semejanzas con la Indagación grupal, donde también la simulación se proyecta en una pantalla frente al grupo. Pero la CDI es una estrategia más estructurada que sigue ocho pasos por cada demostración (experimento o situación problemática) y utiliza documentos llamados “hoja de predicciones” y “hoja de resultados” para que los estudiantes registren sus respuestas. Las hojas de predicciones y resultados contienen las mismas preguntas, pero se usan en diferentes momentos de la estrategia, en la primera los estudiantes escriben sus ideas iniciales y predicciones, tanto individuales como grupales, antes de usar la simulación, y en la de resultados escriben las conclusiones, después de haber experimentado con la herramienta. Una sesión de clase puede tener una o varias demostraciones, cada una siguiendo sus ocho pasos. Como las preguntas de las demostraciones ya están escritas en las hojas de predicciones y resultados, no se tiene tanta libertad, como en la Indagación grupal, para modificar la secuencia didáctica, pero ayuda a que los estudiantes practiquen su habilidad de escribir ideas y conclusiones, y registrar y organizar información, además de contar con un tipo de apunte de clase para su futuro repaso o estudio.

La actividad inicia con el profesor repartiendo las hojas de predicciones y resultados, donde vienen descritas las demostraciones y espacios para que los estudiantes contesten. El profesor les muestra la simulación o simulaciones que van a utilizar (Figura 5).

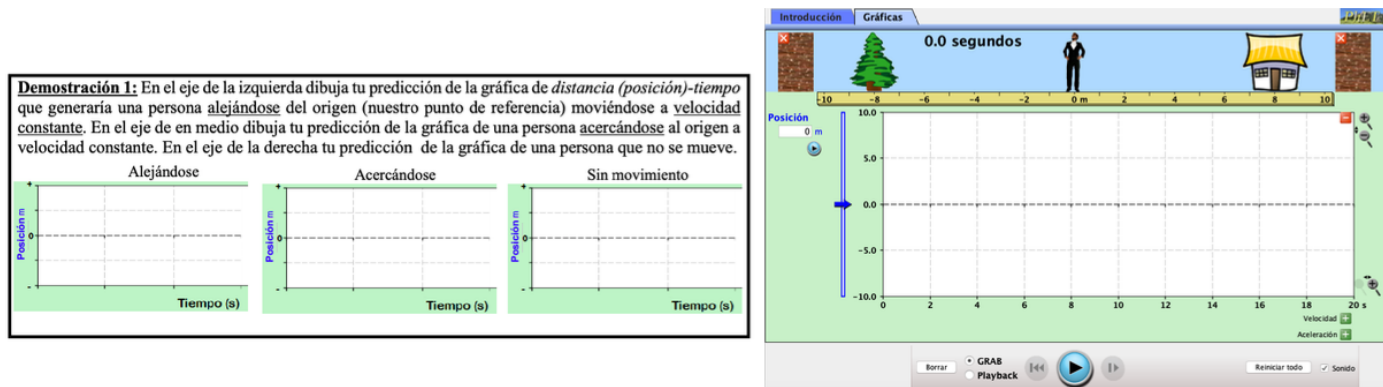


FIGURA 5. A la izquierda se muestra la pregunta de una hoja de predicciones/resultados en una CDI. A la derecha se muestra la simulación de Hombre Móvil³ con la que se realiza la demostración.

Los ocho pasos para cada demostración en una CDI son:

1. El profesor describe el experimento o situación problemática, la cual también esta explicada en las hojas de predicciones/resultados.
2. Los estudiantes hacen su predicción individualmente y la escriben en su hoja de predicciones.
3. Los estudiantes discuten su predicción en grupos pequeños de dos a tres integrantes. En este paso es importante la atención del profesor para apoyar aquellas discusiones que se alejen del tema a tratar y también para motivar la participación de todos los estudiantes.
4. El profesor pregunta al grupo cuales son las predicciones para obtener las más comunes, motivando a los equipos a participar en una discusión grupal.
5. Los estudiantes registran la o las predicciones grupales en la Hoja de Predicciones en caso de ser diferentes a las que ellos ya habían escrito. Se recomiendan que escriban las predicciones grupales usando un color diferente de bolígrafo para distinguirla de la predicción personal. Es posible tener varias predicciones en este momento de la actividad.
6. El profesor realiza la demostración mostrando claramente los resultados. La demostración consiste en la manipulación de la simulación, la cual presentará el resultado de manera visual con una animación que emule el fenómeno real y con el apoyo de gráficas. El experimento puede repetirse cuantas veces sea necesario para que a los estudiantes les quede muy claro cuál ha sido el resultado.

³ La simulación y la CDI puede encontrarse en <https://phet.colorado.edu/es/simulation/moving-man#for-teachers-header>.

7. Los estudiantes describen los resultados ante el grupo por participaciones voluntarias. Es posible que en esta sección se presenten preguntas ¿Qué pasa si...? De los estudiantes para reafirmar el resultado que ellos sugieren. El profesor debe mediar estas preguntas dependiendo del tiempo y relevancia que el resultado puede traer al tema que se trata. El resultado se registra en la Hoja de Resultados.
8. Finalmente, el profesor o los estudiantes comparten otras situaciones físicas donde se presente el mismo concepto y se da pie a la siguiente demostración.

Las CDI se recomiendan para niveles de preparatoria y universidad. La parte fundamental de esta estrategia didáctica es la planeación de cada demostración, ya que se recomienda que estén relacionadas y motiven actividades de indagación. Gracias a que las CDI son muy populares, mucho trabajo se ha hecho para apoyar a los profesores en su implementación. Los creadores de las CDI cuentan con un libro con demostraciones para los temas de mecánica (Sokoloff & Thornton, 2006). En nuestro trabajo previo (López Tavares & Orozco Martínez, 2017) describimos como modificar las demostraciones en el libro de Sokoloff y Thornton para usar simulaciones en lugar de experimentos. Otro recurso de apoyo para diseñar demostraciones son los TIPERs (por sus siglas en inglés de Tasks Inspired by Physics Research) (Maloney, Hieggelke, & Kanim, 2010). El objetivo de los TIPERs es crear ejercicios que fomenten el aprendizaje conceptual en física. Hay 10 diferentes tipos de ejercicios TIPERs:

- Gráficas: requieren que el alumno dibuje gráficas de situaciones específicas.
- Cambio de representación: dada una representación, por ejemplo, un diagrama de cuerpo libre, los estudiantes deben generar una representación alternativa, por ejemplo, la segunda ecuación de la ley de Newton.
- Comparaciones: se pide a los estudiantes que determinen cuál de dos situaciones presentadas tiene un valor mayor de una cantidad, o que en general comparen aspectos físicos en dos situaciones.
- Contenciones conflictivas: se presentan dos o tres declaraciones acerca de una situación y el objetivo es decidir cuál de las declaraciones, si es que hay alguna, es correcta.
- Razonamiento cualitativo: se pregunta acerca de cómo una variación cualitativa de una situación afecta el comportamiento del sistema.
- Clasificación: solicitar a los estudiantes que clasifiquen un conjunto de situaciones físicas basándose en la magnitud de una sola característica.
- Solución de problemas: estas requieren la identificación de los errores en un experimento, representación o análisis. Es posible proponer situaciones donde no se tenga ningún error, y los estudiantes tengan que darse cuenta de eso.
- Trabajo invertido: generalmente tienen una o más ecuaciones como punto de partida con el objetivo de hacer una descripción o un dibujo de una situación física

Para revisar ejemplos de TIPERs y más referencias al respecto se puede revisar (Hieggelke, *et al.*, 2002).

IV. INSTRUCCIÓN POR PARES Y PREGUNTAS CLICKER

En la instrucción por pares (Crouch, *et al.*, 2007) los profesores presentan preguntas de opción múltiple al grupo (figura 6). En este caso, la pregunta debe ser de una situación que se pueda contestar mediante el uso de una simulación, la cual también es presentada en una pantalla enfrente del grupo. Una vez presentada la pregunta, los pasos a seguir son:

1. Los estudiantes piensan en la respuesta a la pregunta de forma individual
2. Se realiza una votación, donde cada estudiante indica cuál cree que es la respuesta correcta
3. Los estudiantes comparten con un compañero el por qué creen que esa es la respuesta correcta.
4. Se vuelve a votar. Es posible que, debido a la interacción con estudiantes del momento anterior, el resultado de la votación sea diferente.
5. Se muestra la simulación para representar la situación presentada en la pregunta
6. El profesor pide a los estudiantes que expliquen cual es la respuesta correcta a la pregunta y describan por qué.

Hay varias formas en las que la votación puede llevarse a cabo. Los estudiantes pueden levantar su mano indicando con el número de dedos levantados cual es la respuesta que consideran correcta. También se pueden levantar hojas de papel

con el color, número o letra de la opción elegida. Existen aparatos electrónicos o aplicaciones de celular llamadas “clickers” que permiten que los estudiantes voten y envía la información a la computadora o celular del profesor, esta es la razón por la que esta estrategia también es conocida como Preguntas clicker. Con el clicker el profesor puede decidir en qué momento mostrar a los estudiantes los resultados de la votación, mostrando solo el porcentaje de estudiantes que selecciono cada respuesta. De esta manera los estudiantes no se ven influenciados por lo que otros estudiantes están votando.

¿Qué pasará con el brillo del foco 1 si el foco 2 se fundiera?

- A. El brillo del foco 1 aumenta
- B. El brillo del foco 1 disminuye
- C. El brillo permanece igual
- D. Todo el circuito deja de funcionar

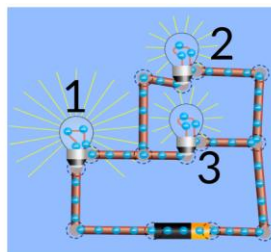


FIGURA 6. Ejemplo de una pregunta para la estrategia de Instrucción por pares

Esta estrategia puede usarse al inicio para identificar ideas previas o al final como parte de la evaluación. Se puede usar una a varias preguntas durante una clase, y en diferentes momentos de la sesión, por lo que esta estrategia se vuelve fácil de implementar y combinar con otras estrategias. Por su versatilidad, esta estrategia puede usarse en niveles básicos de educación tanto como a nivel universidad.

La instrucción por pares ha mostrado ser eficiente para el aprendizaje conceptual y en habilidades para la resolución de problemas, pero también ha ayudado a desarrollar hábitos de estudio. Se ha visto que si las sesiones inician con una serie de preguntas clicker sobre lecturas que se han dejado de tarea en la sesión anterior, se motiva a que más estudiantes realicen la tarea (Crouch, *et al.*, 2007).

La eficacia de la estrategia depende del diseño de las preguntas. Gracias a la popularidad de la instrucción por pares, se tienen diversas bases de datos para buscar preguntas en gran variedad de temas, por ejemplo revisa lista elaborada por McKagan en Physport (2016). Usar TIPERs también es una opción para la creación de preguntas en esta metodología.

V. INDAGACIÓN GUIADA

Hasta el momento hemos visto estrategias didácticas donde la simulación es proyectada frente al grupo. Cuando los estudiantes tienen acceso a dispositivos electrónicos (computadoras, tabletas o celulares) en sus aulas o casas (para actividades de tarea), se puede usar la estrategia de Indagación guiada (Fig. 7). Esta estrategia también está basada en el Aprendizaje por Indagación, al igual que la indagación grupal, pero en este caso, los estudiantes manipulan la simulación directamente. Al inicio de la actividad, los estudiantes reciben una “hoja de trabajo” con indicaciones, retos y preguntas, donde irán reportando sus resultados.



FIGURA 7. Ejemplo de un aula donde se implementa una actividad de Indagación Guiada.

Se recomienda que la actividad se realice en equipos de dos a tres integrantes (como se muestra en la Fig. 7), ya que es

importante la comunicación entre estudiantes durante la actividad. Si solo se cuenta con un dispositivo electrónico por equipo, el profesor debe motivar la rotación del dispositivo electrónico para que todos los integrantes tengan la oportunidad de manipular la simulación durante la actividad. Cada integrante del equipo debe contar con su propia hoja de trabajo.

Que los estudiantes directamente manipulen la simulación da oportunidades de aprendizaje que no tienen las estrategias mencionadas anteriormente. La Indagación guiada da autonomía a los estudiantes en su proceso de aprendizaje, y les permite tener una experiencia más personalizada, dándoles la oportunidad de tomar su propio camino en la exploración de la simulación. Pero al mismo tiempo se tienen un reto mayor por parte del profesor para diseñar una hoja de trabajo que apoye de igual manera a todos sus estudiantes. Como se había comentado previamente, los estudiantes necesitan de andamiaje y facilitación por parte del profesor para ayudarlos a interpretar la simulación, y seguir el mismo proceso de indagación per se. Dar hipótesis, recolectar datos, genera conclusiones, y el resto de las habilidades asociadas con la indagación no se dan por sí mismas, son habilidades que de igual manera el estudiante debe aprender. La actividad didáctica debe ayudar a los estudiantes a interpretar lo representado en la simulación, y además ayudar a desarrollar y fortalecer las habilidades de indagación. El andamiaje se da a través de las instrucciones en la hoja de trabajo, y la facilitación mediante la inclusión en la actividad de varios momentos de discusión entre equipos y discusiones grupales. Además, el profesor debe circular el salón mientras los estudiantes trabajan con la simulación, para atender dudas y ayudar a estudiantes que puedan tener dificultades.

Para estructurar una actividad de Indagación guiada se recomienda seguir un Ciclo de Aprendizaje para actividades de indagación. Hay diversos ciclos en la literatura dependiendo del nivel académico para el cual se quiera realizar la actividad. La Figura 8 muestra a la izquierda un ciclo diseñado por Nieto (2015) para estudiantes de kínder, y a la derecha se muestra el ciclo de Física a través de la experiencia de para secundaria y preparatoria (Otero, Shelly, & Quinty, n.d.).

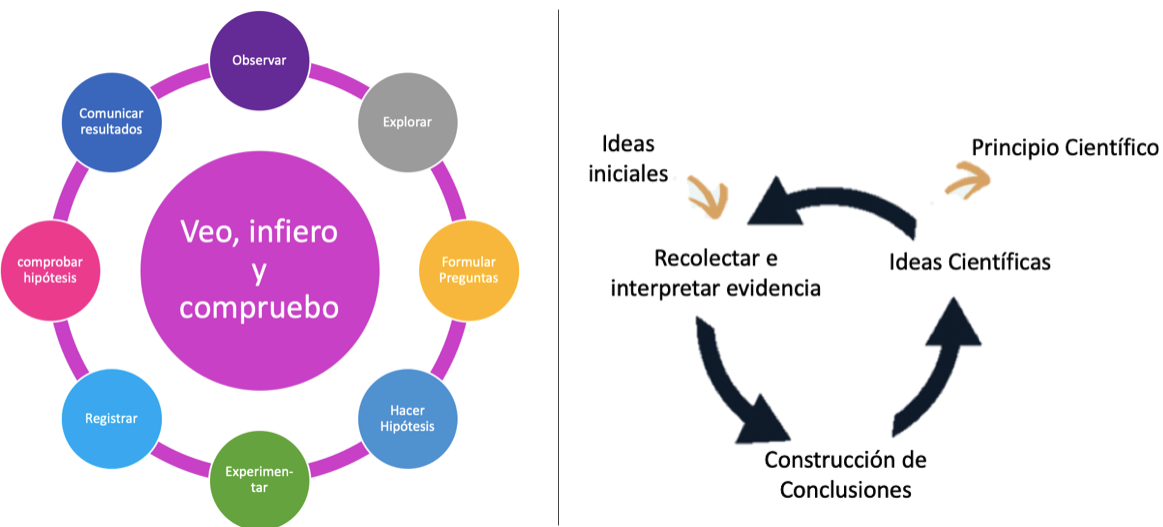


FIGURA 8. Ciclos de Aprendizaje para actividades de indagación. El de la izquierda es de Nieto (2015) para niños de Kínder. El de la derecha del curriculum de Física a Través de la Experiencia de (Otero et al., n.d.) para secundaria y preparatoria.

Siguiendo el ciclo a la derecha en la Fig. 8 para secundaria y preparatoria, se observa que inicia con las Ideas iniciales de los estudiantes, por lo que la actividad de Indagación guiada debe iniciar cuestionando a los estudiantes para exponer las ideas que ellos ya saben sobre el tema a tratar. Se recomienda hacer preguntas en contexto, describiendo una situación y pidiendo a los estudiantes que describan que pasaría y por qué, en lugar de preguntar directamente por los conceptos del tema. Por ejemplo, no preguntar ¿Qué sabes sobre la densidad y por qué los objetos flotan o se hunden? En su lugar presentar una situación como la que se observa en la figura 9 tomada de (Heron, 2018).

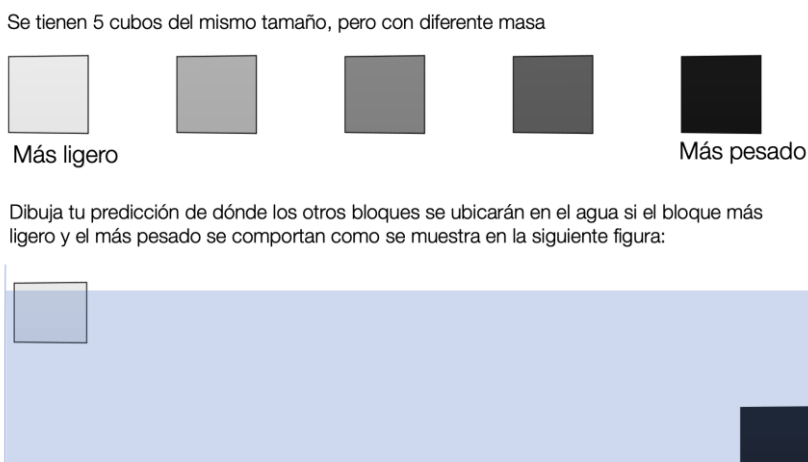


FIGURA 8. Ejemplo de preguntas para obtener las ideas iniciales de los estudiantes.

Después de las ideas iniciales, los estudiantes recolectan información (Fig. 7) y es aquí donde entra en juego el uso de la simulación. El grupo PhET de simulaciones Interactivas recomienda en su “Guía para el diseño de Hoja de Trabajo” (PhET, 2017) lo siguiente:

- Una hoja de trabajo debe cubrir de 1 a 3 objetivos de aprendizaje. Anteriormente se comentó que una simulación puede ayudar a cubrir diversos objetivos de aprendizaje, pero eso no significa que todos deban ser abordados en la misma actividad. Al tener pocos objetivos de aprendizaje en una sesión ayuda al estudiante a centrar la atención y seguir un proceso de aprendizaje con mayor experiencias y exploración.
- La longitud máxima debe ser de 2 páginas. Ya que las actividades largas desvían la atención del estudiante de la simulación y se concentran en “terminar la actividad”, limitando la manipulación y exploración.
- Se recomienda iniciar con tiempo “libre de exploración” con instrucciones como: Explora la simulación por 5 minutos y escribe tus principales descubrimientos. Esta instrucción ayuda al estudiante a familiarizarse con la herramienta y reduce indicaciones posteriores en la hoja de trabajo de cómo usar la simulación.
- Favorece la exploración cambiando instrucciones de indiquen mover un control o presionar un botón, por indicaciones más abiertas, por ejemplo: “Encuentra y describe dos formas de aumentar la frecuencia de oscilación de un resorte”. Los tipos de preguntas descritas en la sección de indagación grupal también pueden ser usadas aquí.
- Para la recolección de datos se sugiere el uso de tablas como elemento de apoyo para organizar la información y posteriormente la interpretación, facilitando encontrar la relación entre las variables (ejemplo en Fig. 9).

1. Llena la siguiente tabla con valores de los bloques que flotan, se hunden o queda en medio en del agua (encuentra al menos uno de cada tipo).

Material	Masa	Volumen	Densidad	Observaciones
				<input type="checkbox"/> flota <input type="checkbox"/> se hunde <input type="checkbox"/> se queda en medio
				<input type="checkbox"/> flota <input type="checkbox"/> se hunde <input type="checkbox"/> se queda en medio
				<input type="checkbox"/> flota <input type="checkbox"/> se hunde <input type="checkbox"/> se queda en medio
Mi bloque				<input type="checkbox"/> flota <input type="checkbox"/> se hunde <input type="checkbox"/> se queda en medio
Mi bloque				<input type="checkbox"/> flota <input type="checkbox"/> se hunde <input type="checkbox"/> se queda en medio

FIGURA 9. Ejemplo de tablas para recolectar y organizar información en una hoja de trabajo sobre densidad.

Después de preguntas claves en la hoja de trabajo que involucran la interpretación de resultados y datos, se recomienda

incluir explícitamente momentos en la actividad para que los estudiantes compartan sus ideas y respuestas con otros compañeros. Al finalizar con la hoja de trabajo, se debe tener una discusión grupal para revisar lo contestado por los estudiantes y facilitar la construcción de conclusiones e ideas científicas. Finalmente se formaliza el aprendizaje con lecturas o presentaciones por parte del profesor de los principios científicos.

VII. DISCUSIONES Y PERSPECTIVAS

En este trabajo se han presentado estrategias que hacen uso de simulaciones interactivas que han mostrado tener un impacto positivo en el aprendizaje de los estudiantes y el desarrollo de habilidades científicas. Estas estrategias pueden combinarse entre si, por ejemplo, puede tenerse una sesión con indagación guiada, y al momento de la discusión grupal incluir preguntas clicker. No es necesario seguir una sesión de clase completa con una estrategia, pueden usarse en algunos momentos de la sesión y en varias sesiones durante el abordaje de un tema. Las simulaciones interactivas no sustituyen al profesor, como se ha visto, la facilitación docente durante las actividades es crucial para lograr el aprendizaje de los estudiantes. Las simulaciones tampoco sustituyen a los experimentos. Como se vio en la sección de Indagación grupal, las simulaciones ofrecen ventajas en actividades demostrativas, sin embargo, hay muchos objetivos de actividades experimentales con instrumentación de laboratorio real que las simulaciones no pueden ayudar a desarrollar. Por ejemplo, habilidades específicas relacionadas con el funcionamiento de equipo de laboratorio. Dependiendo de los objetivos de aprendizaje y las habilidades que se quieran fomentar en los estudiantes, es mejor usar actividades experimentales o una combinación con simulaciones.

La efectividad de una estrategia didáctica recae en el diseño de la actividad y el profesor requiere de practica para irlo perfeccionando. Dominar estrategias didácticas también es un proceso de aprendizaje para el docente y el mejoramiento se da a través de la reflexión de la implementación y los resultados. Se han llevado a cabo talleres para docentes donde aprenden sobre simulaciones, estrategias didácticas, comparten experiencias y diseñan y revisan actividades (Fig. 10). Los profesores participantes de los talleres con mas experiencia en el uso de simulaciones comparten como han ayudado en su clase con el aprendizaje conceptual, y en el desarrollo de habilidades de predicción y argumentación, motivando a sus estudiantes, y creando ambientes de aprendizajes mas dinámicos y participativos. Los profesores que son nuevos en el uso de estas herramientas comentan sobre el potencial de las simulaciones y lo motivados que están para llevar a acabo las estrategias en sus aulas, pero no se ha dado seguimiento para realmente ver el impacto de estos talleres en la practica docente. Herramientas que permitan evaluar resultados en aula de estos talleres para docentes están siendo planeadas.



FIGURA 9. Fotografías de diferentes talleres para docentes sobre el uso de simulaciones interactivas.

Los talleres son una buena introducción al uso de herramientas y la presentación de estrategias, pero no es suficiente. Así como en las estrategias presentadas aquí, los estudiantes requieren de diversos momentos de discusión con pares para favorecer el aprendizaje, los profesores también requieren de diversos momentos para discutir resultados, dificultades y reflexiones para perfeccionar sus implementaciones. Para el apoyo a docentes debería también considerarse estrategias de acompañamiento continuo y comunidades docentes para un mayor impacto.

Como se mencionó al inicio de este artículo, las estrategias presentadas aquí son solo algunas de las que pueden implementarse usando simulaciones. Esperamos el contenido de este artículo sea usado por profesores para aumentar el

uso de simulaciones de manera efectiva en el aula, e incrementar las investigaciones educativas en torno a esta herramienta, ya que aún quedan preguntas abiertas, por ejemplo el impacto al combinar las estrategias, o con experimentos reales, su implementación en niveles básicos de educación, más investigaciones sobre el impacto en el desarrollo de habilidades de los estudiantes y formación docente en el uso de estas herramientas. Poco o nulo trabajo se ha hecho sobre la diferencia de las simulaciones en celulares o computadoras (si es que las hay), ni el efecto a largo plazo de una implementación continua del uso de las simulaciones, por ejemplo, si las simulaciones pueden usarse en diferentes niveles académicos ¿Qué efecto se tendría al usar la misma simulación en primaria y secundaria? Gracias a que las simulaciones se pueden usar en internet, el uso de estas herramientas por padres y madres de familia también va en incremento para apoyar aprendizaje de sus hijos fuera del aula. Sobre este tema, no se tienen reportes del uso de estas herramientas, ni tampoco en espacios informales de enseñanza como en talleres para niños.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al grupo de PhET Interactive Simualtions de la Universidad de Colorado Boulder, por el financiamiento y apoyo en el diseño de los talleres y recursos para docentes.

REFERENCIAS

- Amadeu, R., & Leal, J. P. (2013). Ventajas del uso de simulaciones por ordenador en el aprendizaje de la física. *Enseñanza de Las Ciencias*, 31(3), 177–188. <https://doi.org/10.5565/REV/EC/V31N3.765>.
- Crouch, C. H., Watkins, J., Fagen, A. P., & Mazer, E. (2007). Peer Instruction: Engaging Students One-on-One, All At Once BT - Research-Based Reform of University Physics. *Research-Based Reform of University Physics*, 1–55.
- D'Angelo, C., Rutstein, D., Harris, C., Bernard, R., Borokhovski, E., & Haertel, G. (2014). *Simulations for STEM Learning : Systematic Review and Meta-Analysis Executive Summary*. Retrieved from www.sri.com/education.
- Dormido, S., Dormido-Canto, R., Dormido, J., Sánchez, J., & Duro, N. (2005). The Role of Interactivity in Control Learning *. *International Journal of Engineering Education*, 21(6), 1122–1133.
- Esquembre, F. (2005). *Creación de simulaciones interactivas en Java : aplicación a la enseñanza de la física*. Prentice Hall / Pearson / Alhambra. Retrieved from <https://www.casadellibro.com/libro-creacion-de-simulaciones-interactivas-en-java-aplicaciones-a-la-ensenanza-de-la-fisica/9788420540092/996986>.
- Goldberg, F., Otero, V., & Robinson, S. (2010). Design principles for effective physics instruction: A case from physics and everyday thinking. *American Journal of Physics*, 78(12), 1265–1277. <https://doi.org/10.1119/1.3480026>.
- Hieggelke, C., Maloney, D., Kanim, S., & O’Kuma, T. (2002). PhysPort Methods and Materials: Tasks Inspired by Physics Education Research. Retrieved September 17, 2019, from <https://www.physport.org/methods/method.cfm?G=TIPER>.
- Lopez Tavares, D. (2014). *Implementación de una estrategia activa complementada con TIC para enseñanza de circuitos eléctricos en nivel bachillerato*. Retrieved from [http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/19864/López Tavares%2C Diana Berenice Maestria en Física Educativa-Ene-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/19864/López%20Tavares%20Diana%20Berenice%20Maestria%20en%20Física%20Educativa-Ene-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- López Tavares, D., & Orozco Martínez, J. (2017). Clases Interactivas Demostrativas con el uso de simulaciones PhET para Mecánica en Preparatoria. *Am. J. Phys. Educ*, 11(2). Retrieved from <http://www.lajpe.org>.
- Maloney, D., Hieggelke, C., & Kanim, S. (2010). nTIPERs: Tasks to Help Students “Unpack” Aspects of Newtonian Mechanics David. In *2010 Physics Education Research Conference Proceedings* (pp. 1–4). Retrieved from <http://www.compadre.org/per/items/detail.cfm?ID=10377%5Cnpapers2://publication/uuid/F61C39A5-E696-4332-BB0B-B5A4054BA448>.
- McKagan, S. (2016). Where can I find good questions to use with clickers or Peer Instruction? Retrieved September 17,

2019, from <https://www.physport.org/recommendations/Entry.cfm?ID=93637>.

Moore, E. B., Carpenter, Y.-Y., Parson, R., & Perkins, K. (2014). From Demonstrations & Clicker Questions to Guided-Inquiry Activities : Resources for Integrating PhET Simulations into Introductory Chemistry Courses General Resources for Teaching with PhET Simulations Resources for Teaching with Specific PhET Chemistry, 1–6. Retrieved from <https://confchem.ccce.divched.org/sites/confchem.ccce.divched.org/files/2014FallCCCENLP5.pdf>.

Otero, V., Shelly, B., & Quinty, E. (n.d.). Transforming Classrooms - Physics Through Evidence: Empowerment Through Reasoning. Retrieved September 19, 2019, from <https://physicsthroughevidence.org/transforming-classrooms/>.

PhET Interactive Simulations (n.d.) Actividade con Simulaciones Interactivas PhET Guía para el diseño de hojas de trabajo. Recuperado de https://phet.colorado.edu/files/guides/TeacherGuide_ActivityDesign_es.pdf.

Podolefsky, N. S., Perkins, K. K., & Adams, W. K. (2010). Factors promoting engaged exploration with computer simulations. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020117>.

Price, A. M., Perkins, K. K., Holmes, N. G., & Wieman, C. E. (2018). How and why do high school teachers use PhET interactive simulations? *Physics Education Research Conference 2018*.

Salehi, S., Keil, M., Kuo, E., & Wieman, C. E. (2015). How to structure an unstructured activity: Generating physics rules from simulation or contrasting cases. In *2015 Physics Education Research Conference Proceedings* (pp. 291–294). American Association of Physics Teachers. <https://doi.org/10.1119/perc.2015.pr.068>.

Sokoloff, D., & Thornton, R. (1997). Using Interactive Lecture Demonstrations to Create an Active Learning Environment. *The Physics Teacher*, 35, 340–347.

Sokoloff, D., & Thornton, R. (2006). *Interactive Lecture Demonstrations, Active Learning in Introductory Physics* (1 edition). Wiley.

Stephens, A. L., & Clement, J. J. (2015). Use of physics simulations in whole class and small group settings: Comparative case studies. *Computers and Education*, 86, 137–156. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.02.014>.

Stephens, L., Clement, J., Leibovitch, A., Price, N., & Adams, M. (n.d.). Strategies For Using Interactive Simulations In Science. Retrieved April 8, 2019, from <http://www.umass.edu/teachingstrategies/Introduction.html>.

Velasco, J., & Buteler, L. (2017). Simulaciones computacionales en la enseñanza de la física: una revisión crítica de los últimos años. *Enseñanza de Las Ciencias*, 35(2), 161–178. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2117>.

Zacharia, Z. C., Manoli, C., Xenofontos, N., de Jong, T., Pedaste, M., van Riesen, S. A. N., ... Tsourlidaki, E. (2015). Identifying potential types of guidance for supporting student inquiry when using virtual and remote labs in science: a literature review. *Educational Technology Research and Development*, 63(2), 257–302. <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9370-0>.