

# **LAS SIMULACIONES EN LAS CLASES DE FÍSICA: DIFICULTADES DE PROFESORES EN SU IMPLEMENTACION**

**UTGES, GRACIELA; FERNÁNDEZ, PATRICIA y JARDÓN, ALBERTO**

TIDCyT - FCEIA-Universidad Nacional de Rosario

Avda Pellegrini 250, 2000, Rosario, Argentina

<graciela@fceia.unr.edu.ar>

---

**Palabras clave:** Simulaciones; Enseñanza de la física; Estudios de caso; Pensamiento de los profesores.

## **PROPÓSITOS DEL TRABAJO**

Muchos trabajos hacen referencia al rol de las simulaciones en la enseñanza de las ciencias presentando una visión optimista sobre su potencialidad y señalando que los nuevos modos de representación e interactividad que introducen favorecen el desarrollo de conocimientos y capacidades cognitivas (Strangman et al, 2003). Diversos grupos de investigación vienen desarrollando applets, software de modelización y propuestas curriculares que incorporan simulaciones, muchos disponibles en Internet (Bohigas et al, 2003). Sin embargo, al menos en Argentina, su uso en el nivel medio e incluso en el universitario básico es bastante limitado. Si bien esto suele atribuirse a carencias de recursos, especialmente computadoras, las dificultades de los docentes para adecuar sus modalidades de enseñanza a estas nuevas herramientas merecen atención.

¿Cómo interpretan los profesores el papel de las simulaciones en la enseñanza? ¿qué transformaciones implementan en los procesos de aprendizaje, razonamiento y construcción conceptual cuando las utilizan? ¿cuáles son los problemas que impiden una más amplia adopción? ¿qué aspectos posibilitan su uso efectivo? Desde el Taller de Investigación en Didáctica de las Ciencias y la Tecnología (TIDCyT) trabajamos en un proyecto que procura respuestas a estas cuestiones, considerando el pensamiento y práctica de los profesores. A través de estudios de caso y una modalidad de investigación participante, consideramos las intenciones, actitudes y decisiones de profesores en la selección, adaptación y aplicación de simulaciones, la manera como las insertan en la currícula, las actividades en clase, su visión sobre los resultados obtenidos, conjugando el análisis de los materiales con las dificultades que los profesores enfrentan en su utilización.

Abordamos una experiencia inicial con cinco profesores que aceptaron compartir y analizar el proceso de implementación de una simulación en sus clases de física. La simulación y sus modalidades de uso fueron decisión de los profesores. Presentamos en este trabajo una descripción de los casos y resultados del análisis que posibilitan una aproximación preliminar a las cuestiones de interés y orientan el camino de futuras investigaciones.

## **ENFOQUE TEÓRICO-METODOLÓGICO**

La investigación se inscribe dentro de un paradigma cualitativo. Adoptando una perspectiva de investigación participante, que involucra la acción y reflexión conjunta de investigadores y profesores, nos concentramos en un número reducido de casos, no procurando generalizaciones, sino una comprensión en profun-

didad. Enmarcamos la actividad realizada por cada profesor como un proceso de investigación–acción y tratamos de comprender la actividad desarrollada desde la perspectiva del profesor, implicándolo como participante completo. Pensamos y trabajamos junto a los profesores, avanzando junto a ellos en el análisis.

Los profesores seleccionaron el tema y la simulación, planificaron la enseñanza, desarrollaron sus clases y evaluaron el aprendizaje. Nos reunimos con ellos en las diferentes etapas, registrando sus producciones, observaciones y comentarios. Mantuvimos también encuentros con grupos reducidos de alumnos, para recoger sus puntos de vista. Los registros consistieron en transcripciones de entrevistas, notas de reuniones conjuntas y observaciones de clases, copias de trabajos escritos y evaluaciones.

El proceso reconoció dos momentos. Uno, centrado en el desarrollo de la experiencia y el registro de actuaciones, perspectivas e intenciones de los actores, y otro, retomando lo actuado con el profesor, para su análisis y resignificación. Cada experiencia fue enfocada como estudio de caso, orientado a la interpretación de situaciones y construcción de hipótesis explicativas. El análisis se centró en los siguientes aspectos:

- Perspectivas del profesor: rol conferido a las simulaciones; intenciones que guiaron la selección; expectativas sobre a su potencialidad; impresiones de la experiencia.
- Coherencia: entre los objetivos propuestos y la implementación realizada
- Flexibilidad: para adaptar la currícula en cuanto a tiempos, temas, metodología
- Cambios: en su práctica; en sus perspectivas
- Factores que facilitaron o dificultaron la experiencia.

## LOS CASOS

Debido a la extensión disponible nos limitamos a presentar características generales y una breve narración de cada experiencia.

	Caso 1: Ramiro	Caso 2: María	Caso 3: Alicia	Caso 4: Roberto	Caso 5: Franco
NIVEL	Polimodal	Polimodal	Capacitación de profesores	Universitario	Universitario
CURSO	30 alumnos	20 alumnos	20 profesores	200 alumnos, 8 comisiones	30 alumnos
TEMA	oscilaciones mecánicas	caída libre en aire	efecto fotoeléctrico	campo eléctrico	entropía
RECURSO UTILIZADO	Applet: Damped Oscillator. W. Bauer	Software: Interactive Physic. poggia.IP; nebbia.IP IMOFI	Applet: Efecto Fotoeléctrico Curso Interactivo de Física Angel Franco	Software: Poisson - CUPs, Consortium for Upper Level Physics Software	Aplets: varios. Software: Interactive Physic desarrollo propio
MODO DE INSERCIÓN	trabajo práctico	unidad didáctica	trabajo práctico	trabajo práctico	trabajo práctico
TIEMPO ASIGNADO	una semana	dos semanas	dos clases	una clase	una clase / una semana
MODALIDAD	interactiva	---	Interactiva / demostrativa	interactiva	demostrativa / interactiva
LUGAR DE TRABAJO	tarea para la casa	no implementado	laboratorio / tarea para la casa	laboratorio	clase / tarea para la casa

**RAMIRO** deseaba incorporar una simulación para *complementar* la enseñanza de oscilaciones mecánicas y *potenciar el interés* de los alumnos. Tras una búsqueda en Internet, seleccionó un applet que se ajustaba a sus propósitos, aunque no cubría totalmente sus pretensiones. Elaboró una guía de actividades, que integró en una página web junto a la simulación y entregó a los alumnos en un disquete. Las dificultades para contar con computadoras en el ámbito de la clase, lo decidieron a programar la actividad como tarea para que los alumnos trabajaran en casa. Si bien se mostró inicialmente optimista, por el interés despertado en los alumnos, la evaluación lo dejó perplejo. No detectó mejoras significativas y, en algunos aspectos, observó *resultados peores que en otros cursos*, donde no había utilizado la simulación.

En un curso de capacitación de profesores, **ALICIA** quería poner en evidencia el carácter discreto de la radiación. Le interesó un applet sobre efecto fotoeléctrico hallado en Internet: representaba bastante bien el experimento real, permitía variar parámetros, construir gráficas e inferir las conclusiones esperadas. Rediseñó la guía que acompañaba al applet, que le pareció muy dirigida, para adaptarla a su objetivo y organizó la actividad para una única clase. Los participantes leerían la guía, realizarían la experiencia y discutirían resultados. Pero los profesores, en lugar de seguir la guía, iniciaron el trabajo en forma lúdica, activando botones al azar sin controlar variables. El tiempo estimado no fue suficiente y las gráficas quedaron como tarea. La puesta en común, importante para Alicia, no pudo realizarse. Dedicó a ella parte de la clase siguiente: proyectando la simulación en una pantalla, centró la atención en casos críticos, favoreciendo la discusión y comparación de resultados.

**MARÍA** disponía de un software de modelización y quería utilizarlo para que sus alumnos *contrastaran* el movimiento de caída de un cuerpo con las gráficas respectivas. Comenzó a ensayar simulaciones ya construidas, y encontró que, en una de ellas, en lugar del crecimiento lineal que esperaba, la velocidad se mantenía constante, a excepción de un breve tiempo al comienzo de la caída. Le hicimos notar que no estaba considerando el rozamiento viscoso del aire y su reacción inicial fue de trastorno y confusión. No tenía bien presente el análisis del movimiento en esas condiciones y dudó sobre la conveniencia de avanzar más allá de la caída en vacío. La cuestión sin embargo despertó su interés y consideró bueno trabajar una situación *más realista*, aunque necesitaba *repasar* el tema y cambiar su esquema inicial de trabajo. Quería también mejorar la simulación, para que el fenómeno *se viera mejor*. Todo eso le llevó mucho tiempo y su curso debía avanzar con otros temas, por lo que, a pesar de completar el diseño de dos simulaciones, dejó la implementación para otra oportunidad.

En la asignatura que **ROBERTO** coordina, los alumnos asisten todas las semanas al laboratorio, que cuenta con computadoras. El Departamento disponía de un paquete de simulaciones que él consideraba de *muy buen nivel*, que no se estaban utilizando. Una de ellas, que permite representar el campo eléctrico y el potencial de configuraciones de cargas puntuales o conductores le parecía apropiada para sus alumnos. Acordó con el resto de los docentes instalarla en las computadoras disponibles en el laboratorio y sumar la actividad a las prácticas experimentales ya programadas. En el tema campo eléctrico, los estudiantes venían utilizando una bandeja electrostática para construir experimentalmente configuraciones de campo y potencial de conductores. Los docentes decidieron *insertar* la simulación en la clase en que se realizaba esa práctica y simular con el programa el dispositivo que los alumnos experimentaban.

**FRANCO** estaba interesado en que ver si las simulaciones podían mejorar la comprensión de la interpretación microscópica de la entropía en estudiantes de un curso de Termodinámica. Dedicó mucho tiempo a seleccionar las simulaciones que consideró adecuadas. Las clases para ese semestre ya estaban organizadas y el cronograma de exámenes impedía a los profesores apartarse de la programación prevista. Preparó la actividad para que los alumnos pudieran realizarla libremente, en la sala de informática o en sus propias computadoras y acordó con ellos un horario especial, para mostrarles las simulaciones e indicarles qué debían hacer.

## DISCUSIÓN

La selección de simulaciones fue guiada por motivaciones precisas y diversas. Ramiro quería interesar a sus alumnos y, como María, favorecer la correlación entre la observación de un movimiento y la representación gráfica de variables relevantes. Alicia y Franco apuntaban a la construcción de modelos conceptuales. Roberto quería aprovechar una simulación disponible. Los aspectos estéticos también influyeron. Se valoraba una adecuada presentación de fenómenos y gráficas, una buena distribución de objetos en la pantalla. La organización de la actividad demandó más tiempo que el esperado. La búsqueda, selección y exploración de las simulaciones para analizar cómo utilizarlas, adaptación del material, puesta a punto de los recursos para implementar la actividad, significaron esfuerzos adicionales fuera de sus tareas acostumbradas.

La disponibilidad de recursos y de tiempo condicionó la modalidad de trabajo adoptada. Ramiro propuso una tarea para el hogar ante dificultades para disponer de la sala de informática en el horario de sus clases y para no modificar sustancialmente el desarrollo tradicional del tema. Alicia debía trasladar el curso a otra sala para realizar la actividad, de modo que la programó en una única clase. La disponibilidad de máquinas en el ámbito del laboratorio, influyó para que Roberto sumara la simulación a la actividad experimental. Franco diseñó un trabajo práctico complementario, en horario extra, por no contar con computadoras ni poder alterar el cronograma de la cátedra.

La contextualización de la simulación en el conjunto de las clases guardó significativas diferencias, coherentes con el papel atribuido. Alicia, le otorgó un rol central en la construcción del modelo cuántico; Roberto la agregó como una actividad más, sin una función muy definida; Ramiro la ubicó como complemento motivador; Franco como aporte para brindar plausibilidad a un modelo; María postergó la implementación al tropezar con una dificultad inesperada.

El trabajo de los alumnos fue organizado, en general, siguiendo pautas tradicionales. Las guías elaboradas aprovechaban de manera limitada la potencialidad de modelización o construcción conceptual que las simulaciones ofrecían. La preparada por Ramiro ponía más énfasis en la realización de cálculos numéricos y verificación de correspondencia de los mismos con lo que mostraba la simulación. El enfoque de Alicia abordó la simulación como una experiencia de laboratorio, destinada a la verificación de una ley. Franco elaboró instrucciones precisas y guiadas, sin dar lugar a preguntas o cuestiones abiertas. La guía de Roberto, pedía reproducir la configuración de conductores experimentada con una bandeja electrostática real, ensayar algunas otras y justificar lo observado.

No se potenció el uso de la simulación para superar concepciones espontáneas de los estudiantes, a pesar de que se evidenciaron oportunidades concretas (Utges et al, 2004). En la mayoría de los casos la actividad permaneció aislada, sin integrarse adecuadamente al resto de la programación. Cuando fue realizada en clase, los tiempos resultaron insuficientes. No se tuvo en cuenta el período de familiarización con la simulación y un aspecto soslayado, con excepción de Alicia, fue la puesta en común y discusión posterior.

Observamos, en algunas ocasiones, inseguridades de los profesores relacionadas con el dominio de los temas que trabajaban o con la manera de abordarla con sus alumnos. Eso fue especialmente significativo en el caso de María, pero también Ramiro encontró algunas dificultades vinculadas al análisis de las oscilaciones amortiguadas.

En un trabajo anterior (Utges et al, 2003), destacamos la necesidad de superar el carácter simplemente operativo y conferir a las simulaciones un rol activo en la construcción del conocimiento, propiciando el análisis de situaciones, el intercambio de ideas y el debate entre los estudiantes y respetando su especificidad, que radica fundamentalmente en la modelización y la experimentación sobre el modelo (Beaufils, 2000). Los casos analizados muestran una gran distancia entre estas pretensiones y la efectiva utilización de simulaciones en la práctica docente.

A pesar de las diferencias de contexto, gran parte de nuestras observaciones en los casos analizados coinciden con estudios realizados en otros países. Eso sugiere que el proceso de adopción de las simulaciones está aún lejos de constituirse en una práctica generalizada. Un uso adecuado requiere de sólido conocimiento disciplinar, conocimiento profundo del modelo y la simulación, solvencia en su utilización, conocimiento de sus potencialidades y limitaciones, además de un modelo didáctico innovador, que contemple las transformaciones que se vienen proponiendo desde una perspectiva constructivista. Todos estos aspectos constituyen demandas significativas e implican transformaciones de la práctica que están lejos de ser triviales y colisionan con rutinas sólidamente establecidas.

El acompañamiento de los profesores y la reflexión conjunta colaboraron en ampliar sus perspectivas y les permitieron tomar conciencia de aspectos no contemplados y es de esperar que la misma incidirá positivamente en nuevas circunstancias. Pero hemos visto que hay muchos factores que dificultaron la implemen-

tación, que trascienden las posibilidades reales de los profesores en función de los tiempos disponibles y los requerimiento curriculares e institucionales. La elaboración de propuestas curriculares adecuadas a los contextos reales es todavía una tarea pendiente, y a pesar de los esfuerzos que vienen realizando diversos grupos de investigadores, mucho más debe aún trabajarse para que las simulaciones se incorporen de modo natural y efectivo en la enseñanza de las ciencias.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEAUFILS, D. (2000). Utilisation de logiciels de simulation comme aide à la consolidation des connaissances en physique. <http://formation.etud.u-psud.fr/didasco/RapSimIufm/Accueil.htm>
- BOHIGAS, X.; JAÉN, X.; NOVELL, M. (2003), Applets en la Enseñanza de la Física, *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (5) pp.463-472.
- STRANGMAN, N.; HALL, T.; MEYER, A. (2003). Virtual Reality and Computer Simulations and the Implications for UDL Implementation: Curriculum Enhancements Report. National Center on Accessing the General Curriculum. <http://www.cast.org>
- UTGES, G.; FERNANDEZ, P.; JARDON, A. (2003), Simulaciones en la Enseñanza de la Física: nuevas Prácticas, nuevos Contenidos. *Memorias de REF XIII*. Río Cuarto, Córdoba, Argentina (CD)
- UTGES, G.; FERNANDEZ, P.; JARDON, A. (2004), Incorporando simulaciones en las clases de la física. Un estudio de caso enfocado en la perspectiva del profesor *Memorias VII SIEF*. Santa Rosa, La Pampa, Argentina (CD).