

## LAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN VIRTUAL

César López Godoy, Marisol Juárez Calderón, Jaime L. Arrieta Vera  
Facultad de Matemáticas, Universidad Autónoma de Guerrero. (México)  
[cesar@lavcibas.com](mailto:cesar@lavcibas.com)

Campo de investigación: socioepistemología, tecnología avanzada. Nivel educativo: medio  
Palabras clave: modelación virtual, simulación, experimentación, prácticas de modelación

### Resumen

A lo largo de tres años de trabajar con modelación, hemos constituido un grupo de investigación cuyos productos son el desarrollo de software, la elaboración de diseños de aprendizaje basados en la modelación, así como tesis de licenciatura y de maestría. Planteamos que a través del uso de software de simulación para modelar un fenómeno, la misma práctica de modelación se modifica, para demostrar lo anterior, nos encontramos realizando investigaciones para caracterizar a las *prácticas de modelación virtual* y encontrar las diferencias que existen con las prácticas de modelación presencial. La perspectiva teórica que adoptamos es la Socioepistemología y la nuestra línea de investigación es la que discurre acerca de las prácticas sociales y la construcción social del conocimiento matemático.

### Introducción

La perspectiva teórica, desde donde atendemos las diferentes problemáticas que plantean los sistemas escolares, considera a los fenómenos educativos como un todo complejo, donde intervienen múltiples dimensiones, a saber, la relativa a los conocimientos, referida a cuáles son las prácticas que le dan origen a su vivencia en las diferentes comunidades y su perspectiva en ellas, la dimensión epistemológica, tocante a cómo surge el conocimiento; la cognitiva, que se refiere a las interacciones de los actores en el proceso de construcción de los conocimientos; la didáctica, referente a cuáles son las formas de intervención en los contextos escolares para propiciar la construcción del conocimiento; confluyendo en un lugar y en un tiempo, en un contexto social. Esta perspectiva es la que llamamos "socioepistemología". Planteamos una distinción con las investigaciones donde la ciencia es única e independiente de los "sujetos"; donde se reportan diferentes resultados o construcciones sin atender las interacciones que dieron lugar a ellas; donde se omiten los contextos sociales. Planteamos atender los fenómenos de construcción del conocimiento matemático en los sistemas escolares, considerando a éstos en su íntima relación con su entorno. Sostenemos que las actividades de construcción del conocimiento son situacionales. Los conocimientos cobran vida y tienen sentido en los contextos sociales concretos. Este contexto remite a diversas prácticas sociales anteriores, escolares o no escolares, y es determinante en la utilización de las estrategias, herramientas y procedimientos para la actividad. La línea de investigación que sostenemos tiene como planteamiento central que al ejercer las prácticas sociales los actores construyen, como herramientas para intervenir en contextos sociales, sus conocimientos. Una parte importante de nuestras investigaciones se centra en la recuperación para las escuelas de prácticas que son ejercidas en diferentes comunidades, en recuperar el papel de la experimentación en la generación del conocimiento y del laboratorio como un escenario donde se produce el aprendizaje. Las prácticas sociales que se han elegido son las que se desarrollan en interacción con fenómenos (físicos, químicos, sociales, etc.), conjeturando y realizando predicciones utilizando modelos. A este tipo de prácticas es a lo que hemos llamado las prácticas de modelación. No compartimos la visión acerca de que los modelos matemáticos son ecuaciones o sistemas de ecuaciones diferenciales o algebraicas, nuestra idea de modelo es más amplia, es todo aquello que es utilizado para entender, predecir o intervenir en el comportamiento de un fenómeno, incluyendo los modelos numéricos, gráficos, físicos, icónicos u otros. Desde nuestra perspectiva, la modelación es entendida como una práctica que ejercen diversas comunidades, y que adquiere particular

significado en el laboratorio. Estas prácticas de modelación parten de la manipulación de un fenómeno y construyen constructos llamados modelos, los cuales son necesarios para su predicción y entendimiento. En este proceso, los estudiantes construyen sus conocimientos matemáticos como herramienta para realizar su actividad, de la misma forma construyen versiones del fenómeno que se constituye como su conocimiento científico. En este sentido hemos desarrollado diseños de aprendizaje basados en la modelación de fenómenos, los cuales han sido puestos en escena en condiciones experimentales. Uno de los objetivos, por lo tanto, de esta investigación, es el aportar elementos acerca de los procedimientos, herramientas, argumentos y significados que construyen los estudiantes durante la puesta en escena de dichos diseños en condiciones escolares, que serán base fundamental para la viabilidad de la implementación de los resultados de nuestras investigaciones en los sistemas escolares. Asimismo, ante las dificultades de contar en las escuelas, con un laboratorio con los materiales adecuados y suficientes, hemos desarrollado aplicaciones de software que simulan fenómenos de física y química. La incorporación de estos medios genera prácticas de modelación con ciertas características, éstas son las que hemos llamado "prácticas de modelación virtual".

Los principales trabajos del grupo de investigación que sirven como antecedentes a esta propuesta son el de Álvarez, Galeana y Mendoza (2002), que versa sobre el tratamiento de datos experimentales como base para diseños de aprendizaje en el aula, proponen un método de ajuste de datos, el método gráfico. Aquí se dan evidencias de las habilidades cognitivas que desarrollan los estudiantes de los primeros semestres de ingeniería del Instituto Tecnológico de Acapulco, a saber, la visualización, la relación entre los parámetros algebraicos y geométricos de los diferentes modelos y la predicción, así como también se habla sobre el ruido en los datos como una condición de incertidumbre y cómo la domesticación del azar puede servir como base de diseños de situaciones de aprendizaje. Arrieta (2003), plantea, en términos generales, que la construcción de los conocimientos se da en el ejercicio de prácticas sociales, en particular las prácticas de modelación; en este sentido, menciona que la modelación en el aula es un proceso de matematización que desarrollan interactivamente docentes y alumnos en un salón de clases, usando matemáticas para interpretar y transformar fenómenos de la naturaleza. En López (2005), encontramos plasmadas las ideas de modelación en un software llamado Laboratorio Didáctico de Matemáticas (antecedente del Laboratorio Virtual de Ciencias), creado para su utilización en PC's, destacando dos características: permite la interactividad de los alumnos y aborda el ajuste de datos experimentales a partir de una propuesta novedosa como lo es el ajuste gráfico de datos. Juárez (2006), estudia las prácticas de modelación virtual como auxiliar en la enseñanza de las ciencias, construyendo un simulador de elasticidad de resortes (SER), para la calculadora Classpad 300 de Casio® y presenta el Laboratorio Virtual para Calculadoras.

Asimismo, un antecedente importante de este proyecto, en cuanto a la formación de recursos humanos, lo constituye la experiencia de la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Guerrero, cuya Maestría en Matemática Educativa, acaba de ingresar al Padrón Nacional de Posgrados en agosto pasado. Además, los convenios de colaboración entre esta Universidad y Casio Académico para el desarrollo del proyecto "Laboratorio Virtual para la calculadora Classpad 300 de Casio".

Resumiendo, en los últimos años se han realizado esfuerzos para constituir un grupo de investigación en modelación, así como de un cuerpo teórico y metodológico para la elaboración de diseños de aprendizaje basados en la modelación como práctica social. El grupo ha presentado

distintos trabajos en foros nacionales e internacionales, donde se comparten experiencias con profesores de otros estados del país, así como extranjeros, acerca de la importancia del ejercicio de prácticas para la construcción social del conocimiento. Nuestro acercamiento a la modelación de fenómenos en el aula, hoy es posible, entre otras cosas, gracias a dos cuestiones importantes, al desarrollo de los medios tecnológicos y al desarrollo teórico metodológico en el campo de la matemática educativa sobre la modelación de fenómenos, la socioepistemología.

## **La problemática**

A lo largo de la historia de la humanidad se ha mostrado cómo el conocimiento científico se ha constituido en interacción con diversos fenómenos. Ejemplos de estos hechos son los desarrollos del siglo XVII, como se muestra en los trabajos de Galileo o los de Isaac Newton. La experimentación se ha mostrado como una práctica que conlleva a la generación de conocimiento científico. Sin embargo, es sorprendente cómo, en nuestros días, en los contextos escolares, la experimentación es una práctica poco usual. Por ejemplo, es común observar cómo es que se pretende el aprendizaje de la Física, sin experimentación, sin laboratorios, resolviendo problemas artificiales, donde su respuesta se obtiene manipulando fórmulas, despejando variables y operando con entes algebraicos y numéricos. Esta forma de tratar a la Física trae como consecuencia que los estudiantes conciban a ésta, como un conjunto de fórmulas muy complicadas y con reglas difíciles de aplicar. En este sentido, nos proponemos rescatar la experimentación como práctica que propicia la construcción de conocimiento científico por los actores de los sistemas educativos y el laboratorio como contexto de dicha práctica. Este planteamiento es acorde a la tesis central de nuestras investigaciones. Planteamos que es en el ejercicio de prácticas sociales donde los actores construyen sus conocimientos como herramientas para su actuar. La práctica propuesta para su ejercicio es la experimentación y la modelación de fenómenos en el laboratorio de ciencias. El laboratorio lo entendemos, no sólo como el espacio físico, el laboratorio lo concebimos como el contexto del ejercicio de prácticas. De esta manera, el laboratorio incluye tanto los elementos físicos, como los elementos que conllevan el desarrollo de las interacciones de los actores. El laboratorio así, es un contexto experimental donde los actores construyen su conocimiento.

Se ha impulsado, en muchos casos por falta de recursos y en otros por desidia o intencionalmente, el aprendizaje de las ciencias en un aula aislada, sin laboratorios, sin interacción con las problemáticas de diferentes comunidades; se ha marcado una separación artificial entre las diferentes partes de las ciencias, la Física, la Química y las Matemáticas y éstas de las Ciencias Sociales; se ha desarrollado un aprendizaje individualista, donde el estudiante se enfrenta aislado a problemas ideales, donde el cooperar es hacer trampa o es ser deshonesto; y se ha mantenido el aula de ciencias, en particular la de matemáticas, lejos de los medios tecnológicos. A esta problemática, agregamos la falta de investigación en el área y de la incorporación de sus resultados a los sistemas educativos, las carencias de infraestructura y de capacitación de los profesores, así como de la incorporación de medios tecnológicos al discurso escolar. Se ha minimizado y desdeñado el problema de la enseñanza de las ciencias, reduciéndolo a voluntad de los actores. Así, se piensa que basta con que el profesor "sepa muy bien" su materia y el alumno estudie "mucho" para que el aprendizaje se dé. Desde nuestro punto de vista, el asunto es más complejo, tiene que ver con la interacción de los actores, con la interacción con los fenómenos situados en un contexto, con el uso adecuado de los medios tecnológicos, con la investigación alrededor de los fenómenos del aprendizaje de las ciencias. A este respecto, la Facultad de Matemáticas de la Universidad

Autónoma de Guerrero, ha venido desarrollado investigación relacionada con el aprendizaje de las ciencias en el ejercicio de las prácticas de modelación. En este sentido ha desarrollado diseños de aprendizaje donde los actores que intervienen en ellos construyen conocimiento en el ejercicio de la modelación de diversos fenómenos.

## **Metodología**

La metodología que se utilizará para la realización del proyecto es la adecuada a la perspectiva teórica que lo sustenta y acorde a la problemática que se atiende. Hemos acudido a la construcción de diseños de aprendizaje siguiendo la metodología de Ingeniería Didáctica, adecuada a nuestra perspectiva. Destacamos brevemente algunos aspectos que consideramos relevantes de esta metodología. Son cuatro las fases fundamentales que se distinguen en la elaboración de una ingeniería didáctica, a saber:

- Análisis preliminar.
- Construcción del diseño de aprendizaje y su análisis a priori.
- Experimentación, puesta en escena.
- Análisis a posteriori y validación del diseño de aprendizaje.

En el análisis preliminar, luego de establecer los objetivos específicos de la investigación, se analizan y determinan, desde una aproximación sistémica, todos y cada uno de los actores del sistema didáctico, así como de las relaciones entre los mismos. Desde nuestra perspectiva, agregamos la componente socio-cultural, que contempla la construcción del conocimiento como una serie de prácticas sociales de referencia, compartidas por un grupo social. En la fase del análisis a priori y construcción del diseño de aprendizaje, se eligen las posibles variables didácticas que se controlarán y se define la forma en que las mismas serán gestionadas. Asimismo, se establecen las hipótesis de trabajo, es decir, qué se espera de la interacción de los alumnos con la situación diseñada, qué avances se consideran dentro de las expectativas, qué errores se perciben persistentes, qué mecanismos se prevé serán utilizados; en fin, todo lo inherente a las hipótesis de trabajo y expectativas del investigador. Es, en consecuencia, una fase tanto prescriptiva como predictiva. Una vez determinadas las variables didácticas, y establecido el objetivo del diseño de aprendizaje, se pasa a la construcción del diseño de aprendizaje. En la etapa de experimentación, puesta en escena, se procede a la "puesta en escena" del diseño de aprendizaje, es decir, se realiza la implementación en condiciones controladas estrictamente por el investigador y se buscan los medios adecuados para perpetuar los sucesos que se desarrollen durante la ejecución del diseño, para su posterior análisis. Es muy importante el control de las actividades y el registro de los sucesos, pues el conocimiento y caracterización de los mismos redundará en la calidad y fidelidad de la siguiente etapa. El análisis a posteriori consiste en una exhaustiva revisión de los sucesos acaecidos durante la puesta en escena del diseño de aprendizaje; es en esta etapa que se confrontan las hipótesis definidas en el análisis a priori y se determina en qué medida las expectativas fueron alcanzadas o cuánto se desvían los resultados de lo que se esperaba. De esta confrontación entre los análisis a priori y a posteriori surge la fase que caracteriza a esta metodología de investigación, esto es, la validación del diseño de aprendizaje. En esta validación, a diferencia de otros acercamientos tales como los de carácter cuantitativo para los cuales el éxito se mide en tanto el grupo experimental logra mejores resultados que el grupo de control, es decir, entre los resultados externos a la situación planteada en sí misma, en la metodología planteada, la validación es interna, pues se confrontan dos fases de la misma

metodología, lo esperado y lo que se obtuvo en realidad, entre las conjeturas y expectativas que fueron explicitadas en el análisis a priori y los resultados analizados y categorizados en el análisis a posteriori. Las adecuaciones planteadas a la ingeniería didáctica, se derivan de considerar a las prácticas sociales como base en lugar de elementos de la obra matemática.

## Avances

Actualmente se han desarrollado varios simuladores para PC's y calculadoras, entre los cuales están:

- Elasticidad de Resortes
- Enfriamiento de Líquidos
- Caída Libre
- Movimiento Armónico Simple
- Movimiento Rectilíneo Uniforme
- Movimiento Pendular

Estos simuladores cuentan con sus respectivos diseños de aprendizaje y pueden ser utilizados de manera local en una computadora o calculadora de manera aislada, es decir, cada participante tiene su propio simulador y ve en la pantalla de su monitor o calculadora solamente lo que él hace.

Sin embargo, los simuladores de Elasticidad de Resortes, Enfriamiento de Líquidos, Movimiento rectilíneo uniforme y Movimiento Pendular, han sido desarrollados para su uso en un ambiente colaborativo, es decir, los participantes pueden formar salas virtuales de experimentación a través de una red de área local (LAN) e incluso a través de la red Internet. De esta manera, se extiende su uso fuera del salón de clases.

## Conclusiones

Debido a que esta es una investigación aun en proceso, nos encontramos llevando a cabo diversos estudios. Actualmente contamos con un proyecto piloto para implantar el Laboratorio Virtual en condiciones escolares en cinco escuelas secundarias del Estado de Guerrero, así como también planteamos caracterizar a las *Prácticas de Modelación Virtual* desde la *interculturalidad*, interactuando conjuntamente y en tiempo real a través de una plataforma de Internet, estudiantes de las Universidades Autónoma de Guerrero, Autónoma de Chiapas, Autónoma de Nayarit, Autónoma de Yucatán y el Instituto Tecnológico de Acapulco.

Planteamos que de estas investigaciones obtendremos evidencias para caracterizar a las prácticas de modelación virtual y observar sus coincidencias y discrepancias con las prácticas de modelación presencial. Así como también, podremos aportar elementos para incorporar el uso de laboratorios en las clases de ciencias y promover una cultura del uso de medios electrónicos en el aula de matemáticas que conlleve a fomentar el razonamiento científico y analítico de los estudiantes.

### Referencias bibliográficas

- Álvarez, S., Galeana, A. y Mendoza, J. (2002). *La incertidumbre como base epistemológica de diseño de situaciones de aprendizaje en el aula*. Tesis de Maestría no publicada, CIIDET, Querétaro, México.
- Arrieta, J. (2003). *Las prácticas de modelación como proceso de matematización en el aula*. Tesis doctoral no publicada, DME, Cinvestav, México.
- Juárez, M. (2006). *Las prácticas de modelación virtual como auxiliar en la enseñanza de las Ciencias, un caso de estudio: La construcción del Simulador de Elasticidad de Resortes (SER) para la calculadora ClassPad 300 de Casio®*. Tesis de Ingeniería no publicada, Instituto Tecnológico de Acapulco, México.
- López, C. (2005). *El Laboratorio Didáctico de Matemáticas (LDM): Un software elaborado para la construcción de conocimiento matemático en el aula*. Tesis de Ingeniería no publicada, Instituto Tecnológico de Acapulco, México.