

# REPENSAR LAS DIDÁCTICAS ESPECÍFICAS

UNA APORTACIÓN  
MULTIDISCIPLINARIA A LA  
ENSEÑANZA ESPECIALIZADA

**Alma Yereli Soto Lazcano**  
**Liliana Suárez Téllez**  
Coordinadoras



ESTE PROGRAMA ES PÚBLICO, AJENO A CUALQUIER PARTIDO POLÍTICO. QUEDA PROHIBIDO EL USO PARA FINES DISTINTOS A LOS ESTABLECIDOS EN EL PROGRAMA.



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
"La Técnica al Servicio de la Patria"

# Instituto Politécnico Nacional

## Directorio

Arturo Reyes Sandoval  
**Director General**

Juan Manuel Cantú Vázquez  
**Secretario General**

David Jaramillo Viguera  
**Secretario Académico**

Heberto Antonio Balmori Ramírez  
**Secretario de Investigación y Posgrado**

Ricardo Monterrubio López  
**Secretario de Innovación e Integración Social**

Ana Lilia Coria Páez  
**Secretaria de Servicios Educativos**

Javier Tapia Santoyo  
**Secretario de Administración**

Eleazar Lara Padilla  
**Secretario Ejecutivo de la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas**

María del Rocío García Sánchez  
**Secretaria Ejecutiva del Patronato de Obras e Instalaciones**

Federico Anaya Gallardo  
**Abogado General**

Modesto Cárdenas García  
**Presidente del Decanato**

Gisela González Corral  
**Coordinadora General de Planeación e Información Institucional**

Jesús Anaya Camuño  
**Coordinador de Imagen Institucional**

Carlos Brito Lavalle  
**Director del Canal Once**

Rosalía María del Consuelo Torres Bezaury  
**Directora de Formación e Innovación Educativa**

Juan Manuel Velázquez Peto  
**Director de Educación Superior**

Juan San German Tiscareño  
**Director de Educación Media Superior**

Guadalupe Silva Oliver  
**Directora de la ESIQIE**

Carlos Ruíz Cárdenas  
**Director del CECyT 11**

## Directorio de la Red de los Seminarios Repensar

### Coordinación 2015-2017

Victor Hugo Luna Acevedo  
**Instituto Politécnico Nacional – ENCB**

José Luis Torres Guerrero  
**Instituto Politécnico Nacional – CECyT 7**

Isaura García Maldonado  
**Instituto Politécnico Nacional – ESIQIE**

### Coordinación 2017-2019

Alma Yereli Soto Lazcano  
**Instituto Politécnico Nacional – ESCA STO**

José Luis Torres Guerrero  
**Instituto Politécnico Nacional – CECyT 7**

Isaura García Maldonado  
**Instituto Politécnico Nacional – ESIQIE**

### Coordinación 2019-2021

Rosa Griselda Nava Galve  
**Instituto Politécnico Nacional – ESIQIE**

Guillermina Ávila García  
**Instituto Politécnico Nacional – CECyT 11**

Isaura García Maldonado  
**Instituto Politécnico Nacional – ESIQIE**

**Alma Yereli Soto Lazcano**  
**Liliana Suárez Téllez**  
Coordinadoras

# **REPENSAR LAS DIDÁCTICAS ESPECÍFICAS**

**UNA APORTACIÓN  
MULTIDISCIPLINARIA A LA  
ENSEÑANZA ESPECIALIZADA**



Red de los Seminarios Repensar  
del Instituto Politécnico Nacional

México, 2021

*Repensar las didácticas específicas. Una aportación multidisciplinario a la enseñanza especializada*  
Alma Yereli Soto Lazcano y Liliana Suárez Téllez (coordinadoras)

*Autores:* Víctor Hugo Luna Acevedo, Fabiola Escobar Moreno, Guillermina Ávila García, Liliana Suárez Téllez, Luis Darío Reina, Miguel R. Wilhelmi, Paula Andrea Rendón Mesa, Jhony Alexander Villa Ochoa, Alma Yereli Soto Lazcano, María Reyna Navarro García, María de la Luz Huerta Ramírez

La realización de este libro fue posible gracias a los recursos proporcionados por el Instituto Politécnico Nacional al proyecto “Estudio de la implementación de prácticas de uso de tecnología en profesores de Matemáticas” (SIP-20211719) y de la Universidad de Antioquia al proyecto “STEM+H: un camino para la transformación educativa de la primaria en la ciudad de Medellín” (Código 2020-34799). Es producto del trabajo de la Red de los Seminarios Repensar y de los proyectos multidisciplinarios “La innovación didáctica en el currículo potencialmente aplicado, centrada en la interdisciplinariedad, para las áreas de matemáticas, física, bioquímica, cultura financiera y comunicación” (IPN-SIP-1571) y “Uso de los resultados de la investigación en la docencia: Matemáticas, Comunicación, Bioquímica y Cultura Financiera” (IPN-SIP-1335).

Los artículos contenidos en este libro tuvieron revisión académica interna y la obra completa revisión académica externa. En la primera, cada capítulo fue evaluado por dos miembros diferentes de la Red de los Seminarios Repensar. La revisión académica externa de la obra completa corrió a cargo de Rocío Huerta Cuervo, del Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales del Instituto Politécnico Nacional, y del Comité Editorial de la Red de Investigadores Educativos Chihuahua, encabezado por la Dra. Bertha Ivonne Sánchez Luján.

Red de los Seminarios Repensar del Instituto Politécnico Nacional  
Ciudad de México, México, 2021

Derechos reservados, 2021

© Alma Yereli Soto Lazcano, Liliana Suárez Téllez  
© Red de Investigadores Educativos Chihuahua, A.C.  
Calle Efrén Ornelas #1406, Col. Obrera, C.P. 31350  
Chihuahua, Chih., México, Tel. 614 415 1998  
editorial@rediech.org, www.rediech.org



Registro Padrón Nacional de Editores 978-607-98139

ISBN 978-607-99642-0-7

El contenido total de este libro fue sometido a dictamen en el sistema de pares ciegos.  
El contenido de cada uno de los apartados de este libro es responsabilidad exclusiva de su(s) autor(es).  
Se autoriza el uso del contenido de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se cite la fuente y se respeten los derechos patrimoniales de los autores y titulares de los derechos de autor de la misma.

- 7 Presentación.  
La didáctica de las ciencias, un breve bosquejo sobre su desarrollo  
*Rocío Huerta Cuervo*
- 15 Prefacio
- Primera parte.  
Repensar la enseñanza en las ciencias experimentales**
- 21 Capítulo I.  
La metodología de los Seminarios Repensar:  
Seminario Repensar la Bioquímica  
*Víctor Hugo Luna Acevedo*
- 41 Capítulo II.  
Vinculando la academia y la empresa a través de la física  
*Fabiola Escobar Moreno*
- 57 Capítulo III.  
La modelación con tecnología en la enseñanza de la Física en el nivel medio superior  
*Guillermina Ávila García*  
*Liliana Suárez Téllez*
- Segunda parte.  
Repensar la enseñanza en las matemáticas**
- 79 Capítulo IV.  
El problema didáctico del reconocimiento de los números irracionales en educación secundaria  
*Luis Reina*  
*Miguel R. Wilhelmi*
- 105 Capítulo V.  
Seminario Repensar las Matemáticas como estrategia para la formación de futuros profesores de matemáticas: caso de la modelación matemática  
*Paula Andrea Rendón-Mesa*  
*Jhony Alexander Villa-Ochoa*  
*Liliana Suárez Téllez*
- Tercera parte.  
Repensar la enseñanza en las ciencias sociales y humanidades**
- 125 Capítulo VI.  
Diseño de un material didáctico como transferencia de conocimiento de la ingeniería didáctica a la cultura financiera  
*Alma Yereli Soto Lazcano*  
*María Reyna Navarro García*
- 149 Capítulo VII.  
Aprendizaje-enseñanza de la filosofía entre la reflexión y la acción  
*María de la Luz Huerta Ramírez*
- 161 Los autores



# La didáctica de las ciencias, un breve bosquejo sobre su desarrollo

ROCÍO HUERTA CUERVO

La didáctica de las ciencias ha sido foco de reflexión teórica y de investigación especialmente desde la década de los 80. En 1983 apareció en España la revista *Enseñanza de las Ciencias*. En su primer editorial se menciona que, a pesar de la existencia de revistas como *Science Education* (desde 1916), *European Journal of Science Education* o *Journal of Research in Science Teaching*, la falta de investigaciones sobre didáctica de las ciencias en Latinoamérica propiciaba que muchas de las revistas existentes fuesen básicamente de divulgación.<sup>1</sup> Los autores asocian esta carencia a la falta de grupos de investigación específicos y, por tanto, a la escasez de producción de conocimientos sobre el tema. De esa manera, la revista *Enseñanza de las Ciencias* se propuso como objetivo central “promover la investigación en la didáctica de las ciencias”, apoyada en diversos grupos interesados dentro de las universidades españolas (EREC, 1983, p. 1).

Entre las primeras reflexiones que la revista desarrolló estuvieron aquellas vinculadas con las características del proceso de construcción de conocimiento científico. El rechazo a la existencia de un Método Científico “en mayúsculas”, entendido como “un conjunto de reglas perfectamente definidas para ser aplicadas mecánicamente”, fue una primera definición relevante de los participantes. La segunda, “el rechazo a lo que Piaget denominó el mito del origen sensorial de los conocimientos científicos”, esto es “sostener que todo conocimiento científico resulta de los sentidos y proviene

---

<sup>1</sup> Los editores de la revista *Perfiles Educativos* de la UNAM (México), que apareció en 1978, afirman: “los primeros 75 números de la revista estuvieron principalmente ocupados de tópicos vinculados a la educación superior, resultado de la inserción institucional de esta publicación periódica. En este transcurso, *Perfiles* logró consolidarse, mantuvo un buen nivel académico y obtuvo el reconocimiento de investigadores, docentes y público en general. Sin embargo, aún se inclinaba más al campo de la divulgación de temas educativos que a la difusión de resultados de investigación” (*Perfiles Educativos*, 2021). Es a partir de la tercera etapa (1997) de la revista cuando su contenido expone básicamente resultados de investigaciones sobre educación superior.

de una abstracción de los datos sensoriales” (Piaget, 1972, p. 63). Tercera, el reconocimiento del valor del pensamiento divergente como generador de nuevas hipótesis fundamentadas, y por último “el carácter social y colectivo del desarrollo científico” (Gil, 1983, p. 27). Estas cuatro premisas fueron las que le dieron fundamento a las investigaciones sobre didáctica de las ciencias.

En ese contexto, los autores recuperaron reflexiones valiosas de diversos científicos que empezaron a conformar el núcleo de la didáctica en los procesos de enseñanza. Un primer elemento que los docentes debían considerar es que los alumnos no llegan en blanco a una clase, poseen un bagaje cognitivo y cultural previo que condiciona la forma como aprenden. Tal como lo sustentó Ausubel (1978, citado por Gil, 1983), primero se debe averiguar lo que el alumno ya sabe y a partir de ello establecer estrategias adecuadas para alcanzar los objetivos de la enseñanza. Este proceso puede ayudar a “mejorar la comunicación entre profesores y alumno [...], a realizar nuevos diseños para la enseñanza, a conocer mejor los procesos de aprendizaje, a crear una nueva perspectiva sobre el aprendizaje y a interpretar sucesos que tienen lugar en el aula, especialmente en la toma de decisiones” (Benito, 2006, p. 30).

Un segundo elemento consiste en reiterar que del conocimiento parcial y esporádico de ciertos casos no se pueden realizar generalizaciones con validez universal. Este aspecto era y es relevante porque hay una inclinación ingenua de los estudiantes e incluso de los profesores a hacer generalizaciones a partir de lo que su experiencia concreta les enseña o de resultados parciales de investigación (Gil, 1983).

Un tercer elemento tiene que ver con el desarrollo de estrategias de razonamiento a partir de los postulados básicos de una ciencia o disciplina científica. La generación de la reflexión colectiva en torno a los documentos científicos, el análisis de los argumentos y las relaciones lógicas en los objetos de estudio de la ciencia, son estrategias para que el estudiante pase de la memorización a la comprensión de lo que se estudia. Generar espacios de reflexión dentro de una clase y no solamente la exposición del profesor juega un papel primordial en el aprendizaje. Junto a lo anterior, la solución de problemas como medio para vincular los conceptos teóricos y abstractos con procesos y fenómenos reales, observables, son procedimientos que refuerzan la comprensión del conocimiento y abren la posibilidad de identificar nuevas hipótesis. Para Gil (1983), llevar a los estudiantes a laboratorios a experimentar es significativo si poseen los conocimientos previos de la ciencia que les permita contrastarlos con los productos de su observación o experimentación.

Un aspecto relevante en los procesos de aprendizaje lo juega por igual la construcción colaborativa. Los estudios de Piaget y Lawson (1969 y 1979 respectivamente, citados por Gil, 1983) demostraron las ventajas del trabajo en grupos en los procesos de comprensión-adquisición de nociones teóricas y en la resolución de problemas específicos, con la consiguiente guía del profesor. Ausubel, si bien valoraba el trabajo en grupo como una estrategia de aprendizaje relevante, ponía el acento en la discusión grupal como el método para despuntar intelectualmente a los estudiantes en diversos

---



---

temas, especialmente en aquellos controvertidos o poco “establecidos, o cuando es necesario generar procesos de deconstrucción de conocimientos previos que limitan los procesos de comprensión” en los alumnos (Ausebel, 1978, citado por Gil, 1983). Para que el trabajo en grupo brinde los efectos deseados debe estar expertamente “programado, estructurado y simplificado”, para lo cual la secuencia con la que se proponen las actividades de aprendizaje es central.

La idea de dejar atrás la pedagogía centrada en la transmisión de información y conocimientos para aplicar una en la que el alumno tuviese un rol más participativo, no en todos los casos llevó a una propuesta adecuada, ya que surgieron propuestas de “aprendizaje autónomo del alumno”, que resultaron en una alternativa voluntarista y poco real (Gil, 1983). El papel del profesor en el aula o en los espacios de aprendizaje no puede minimizarse, es indispensable para orientar, explicar e inducir los procesos de adquisición de conocimientos, de trabajo colaborativo y desarrollo de habilidades en los alumnos. Como se puede observar, los aspectos previamente anotados han constituido pilares importantes en los cuales se sustenta la didáctica de las ciencias.

En 1983 Howard Gardner, profesor de la Universidad de Harvard, introdujo el concepto de inteligencias múltiples (Gardner, 1983), este concepto y sus posteriores desarrollos influyeron de manera significativa en la educación, especialmente en la didáctica. Para Gardner la inteligencia abarca muchas capacidades o facultades y ellas son relativamente independientes entre sí; a diferencia de lo que postulaba la ciencia normal, en el sentido de que la inteligencia es única y que podía medirse a partir de instrumentos psicométricos.

Gardner propuso que la inteligencia es “como una red de una cantidad indeterminada de capacidades intelectuales cuya relación mutua es necesario clarificar” (Gardner, 1999, p. 347); estas capacidades (inteligencias) se desarrollarán dependiendo de cómo se trabajen. Por tanto, no puede ser que a través de un solo instrumento, las inteligencias que una persona posee puedan ser conocidas. Gardner, apoyándose en estudios específicos, identificó ocho tipos de inteligencias (Gardner, 1999): espacial, lógico-matemática, lingüística, musical, corporal-cinestésica, interpersonal, intrapersonal y naturalista. El desarrollo de todas y cada una de estas inteligencias puede lograrse a partir de los procesos de enseñanza y aprendizaje, de estrategias específicas para fortalecerlas. Los procesos de enseñanza no pueden estar desligados de las formas en que los alumnos aprenden y del desarrollo específico de las inteligencias que poseen y en las cuales es importante trabajar.

Para Gardner (1999), la inteligencia es “un potencial biopsicológico para procesar información que se puede activar en un marco cultural para resolver problemas o crear productos que tienen valor para una cultura” (Gardner, 1999, p. 552). Estos elementos introdujeron una noción central que la didáctica incorporó. Los conocimientos se desarrollan en contextos históricos y culturales diversos, de ahí que la contextualización de los conocimientos en los procesos de enseñanza es un elemento que no se puede ignorar, ya que, la comprensión de las realidades en las cuales tuvo

---

lugar un desarrollo científico le ayuda al estudiante a comprender al conocimiento como un proceso de construcción social.

Por otra parte, la *afectividad* y la *motivación* son elementos que diversos autores (Gardner, 1999; Garritz, 2010; Goleman, 1998) han identificado como imprescindible dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje, independientemente del objeto de estudio específico (Garritz, 2010). “Cualquier descripción de la naturaleza humana que ignore la fuerza que la motivación y la emoción tienen para facilitar el aprendizaje y la pedagogía, tendrá una utilidad limitada” (Gardner, 1999, p. 3351).

Son casi 40 años desde que salió a la luz la revista *Enseñanza de las Ciencias*, y más de 20 en que los gobiernos e instancias educativas internacionales han propuesto y propiciado cambios en la forma tradicional de enseñar (UNESCO, 1997). A diferencia de 1980, cuando el estudio específico de la didáctica de las ciencias “se percibía como un campo de conocimiento con unos perfiles imprecisos” (Armas, 2004, citado por Gómez, López y Rodríguez, 2019, p. 67) en el cual “existía un débil desarrollo del área” y todavía se encontraba en un “estadio emergente o pre-paradigmático, sin alcanzar un nivel aceptable de madurez” (Mirelles, 2006, citado por Gómez, López y Rodríguez, 2019, p. 68), del año 2000 a la fecha el estudio de las didácticas específicas de las ciencias ha cobrado relevancia y extensión.

La didáctica de las ciencias se presenta como un área de conocimiento emergente, pero cada vez más consolidada que se apoya en las experiencias e investigaciones en curso de todos aquellos avances que le permitan transmitir la cultura científica de tal forma que un mayor número de individuos pueda aplicarla y hacerla evolucionar; ello implica responder a las cuatro preguntas en que se basa el diseño del currículo: ¿qué enseñar?, ¿cuándo enseñar?, ¿cómo enseñar? y ¿cómo evaluar los resultados? [Gómez y Sanmartí, 1996, p. 176].

Las didácticas específicas en la enseñanza de las ciencias han tenido distintos niveles de desarrollo. La didáctica de las matemáticas es, quizás, sobre la que más se ha escrito en Latinoamérica y eso puede deberse a que las primeras reflexiones y aportaciones sobre la comprensión y enseñanza de la lógica del razonamiento matemático, de manera formal, se realizaron desde el siglo XIX, a partir de los trabajos de Ferdinand de Saussure, Charles Sanders Peirce y Lev S. Vygotsky (Radford, 2004; Soler-Álvarez y Manrique, 2014). De acuerdo con Soler-Álvarez y Manrique, para que la actividad matemática ocurra en el aula es necesario que el maestro se forme en un ambiente en el que sean fundamentales el conocimiento profundo de los objetos matemáticos, la argumentación y, principalmente, el hacer matemáticas” (2014, p. 192).

Ocelli y Valieras analizan las investigaciones que tienen por objeto de estudio los aspectos didácticos en los libros de ciencias para educación básica. Las autoras concluyen que en “la mayoría de estos estudios destacan las debilidades de las propuestas editoriales y se remarca que son pocos los estudios que comparan las actividades propuestas en los libros de texto con su utilización en el aula” (2013, p. 145), por ello sostienen que se “puede inferir que los libros de texto difícilmente pueden constituirse como único recurso didáctico o como única fuente de información en el

---

---

aula, quedando bajo responsabilidad del docente el desafío de seleccionar porciones «utilizables» de estos materiales para cada temática que deba ser abordada” (Occelli y Valieras, 2013, p. 145).

Garritz (2011, p. 317), identifica un conjunto de estrategias didácticas en las ciencias naturales, como por ejemplo las analogías, experimentos, controversias, intuiciones, imágenes, indicaciones, relatos, metáforas, demostraciones, simulaciones, manipulaciones, representaciones, modelajes, uso de las tecnologías de información y comunicación, proyectos de investigación, como medios para comprender cabalmente los contenidos de las ciencias, pero también recomienda mucha atención en su uso, ya que “cuando no se identifica adecuadamente el objetivo y la fuente de la estrategia su aplicación puede resultar ineficiente”.

Gómez Carrasco, López Facal y Rodríguez Medina (2019) realizaron un estudio bibliométrico sobre la producción científica en didáctica de las ciencias sociales en las revistas españolas. Sus hallazgos les permiten afirmar que existe un crecimiento significativo, a partir del 2012, de los estudios de didáctica, especialmente en la enseñanza de la historia (50% de los textos revisados), la didáctica de la educación patrimonial, valores cívicos y ciudadanía (40%), geografía, historia del arte y ciencias sociales en general (10%). Los autores encuentran una correlación significativa entre el incremento en las publicaciones y la consolidación de grupos de investigación, especialmente en 14 universidades españolas. En el caso de Brasil, el estudio de la didáctica de las ciencias sociales se ha centrado en la historia y la geografía (Oliveira, 2020) y recientemente, a través de proyectos heterogéneos, ha habido un desarrollo significativo del estudio de la didáctica en la sociología. “La didáctica de la sociología debe buscar una comprensión de las sociedades modernas utilizándose los fundamentos de la didáctica de las ciencias sociales, objetivando la realidad social a partir de las categorías sociológicas” (Oliveira, 2021, p. 28).

Las revistas sobre didáctica de las ciencias como *Enseñanza de las Ciencias* (Universitat Autònoma de Barcelona), *Investigación en la Enseñanza de las Ciencias* (IENCI) y *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* (RELIME) y otras como la *Revista Iberoamericana de Educación*, *Perfiles Educativos* y la *Revista de Innovación Educativa* (Instituto Politécnico Nacional), difunden investigaciones sobre estudios de caso en didácticas específicas en contextos latinoamericanos.

Pasar de una realidad en la que los procesos de enseñanza y aprendizaje se centraban en la transmisión-adquisición de contenidos, en clases teóricas exclusivamente, sin experimentación, observación o solución de problemas y en las cuales el profesor tenía el papel relevante como emisor de conocimientos, a procesos en los que hay contrastación y/o medios de verificación de las teorías, procesos de reflexión colectiva o acercamiento grupal a los textos científicos y reflexión colectiva derivada de la observación, experimentación o estudio teórico, así como acompañamiento y dirección experta de los profesores, no ha resultado algo sencillo.

---

Este libro expone los resultados iniciales de diversos trabajos de investigación realizados por integrantes de la Red de Seminarios Repensar, cuyo objetivo fundamental es el estudio e investigación sobre la didáctica de las ciencias, por lo tanto, es una contribución original, producto del trabajo colectivo empeñado en mejorar los resultados de la enseñanza.

En el capítulo I, Víctor Hugo Luna expone la metodología con la que trabajan los Seminarios Repensar, específicamente del Seminario Repensar la Bioquímica. Pone el acento en las estrategias dialógicas que se construyen entre los participantes del seminario como vía para profundizar en el análisis del texto científico.

En el capítulo II, escrito por Fabiola Escobar Moreno, se muestra la vinculación de una metodología de aprendizaje y una herramienta utilizada a nivel empresarial para la solución de problemas. El objetivo fue explorar la combinación de la metodología didáctica: Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) con la herramienta denominada DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar).

En el capítulo III, Guillermina Ávila García y Liliana Suárez Téllez buscan analizar el potencial de introducir la modelación-graficación desde un entorno cotidiano, discutiendo el papel de la tecnología en la enseñanza de la física.

En el capítulo IV, Luis Reina y Miguel R. Wilhelmi centran su atención en el análisis de los conflictos semióticos y las dificultades que emergen en el reconocimiento e identificación de los números irracionales en educación secundaria. Este análisis motiva la incorporación del contenido curricular “fracción continua” a modo de innovación, ya que se trata de una noción no-habitual en el currículo de Matemática oficial de Argentina.

En el capítulo V, Paula Andrea Rendón-Mesa, Jhony Alexander Villa-Ochoa y Liliana Suárez Téllez analizan cómo una estrategia complementaria, basada en la participación en la comunidad de innovación en formación, aporta al proceso formativo de futuros profesores de matemática en un curso de modelación matemática. Esta estrategia se implementó en un seminario del programa de la Licenciatura de Matemáticas de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia.

En el capítulo VI, Alma Yereli Soto Lazcano y María Reyna Navarro García describen la experiencia en el diseño y validación de material didáctico sobre “ahorro para el retiro”, realizado con estudiantes del nivel medio superior. Los principales marcos versan sobre la competencia financiera de la evaluación PISA y el perfil de egreso de la educación media superior.

En el capítulo VII, María de la Luz Huerta Ramírez ofrece una reflexión acerca del aprendizaje y enseñanza de la filosofía, que, de acuerdo con la autora, va más allá de considerar su base teórica, anteponiendo la parte vivencial que posibilita su “construcción”.

Este libro es una invitación para seguir investigando y reflexionando sobre las didácticas específicas de las ciencias. Esperamos que sea motivo de reflexión colegiada entre los docentes y de conformación de grupos de investigación en esta disciplina.

---

## Referencias

- Benito, M. (2009). Debates en torno a la enseñanza de las ciencias. En *Perfiles Educativos*, (123), 27-43.
- EREC [Editores de la Revista Enseñanza de la Ciencias] (1983). *Editorial*. En *Enseñanza de las Ciencias*, 1-2.
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: the theory of multiple intelligences*. Nueva York: Basic Books.
- Gardner, H. (1999). *La inteligencia reformulada. Las inteligencias múltiples en el siglo XXI*. Paidós.
- Gardner, H. (2015). *La teoría de las inteligencias múltiples. La teoría en la práctica*. México: Paidós Educación.
- Garritz, A. (2010). La enseñanza de la ciencia en una sociedad con incertidumbre y cambios acelerados. *Enseñanza de las Ciencias Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 28(3), 315-326. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v28n3.4>.
- Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 1(1), 26-33. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5408>.
- Gómez, M. R., y Sanmartí, N. (1996). La didáctica de las ciencias, una necesidad. *Educación Química*, (3), 158-168.
- Gómez-Carrasco, C. J.; López-Facal, R., y Rodríguez, J. (2019). La investigación en didáctica de las ciencias sociales en revistas españolas de ciencias de la educación. Un análisis bibliométrico (2007/2017). *Didáctica de las Ciencias Sociales y Experimentales*, (37), 67-88. DOI: 10.7203/DCES.37.14440.
- IENCI [Investigações em Ensino de Ciências] (2021). *Investigações em Ensino de Ciências*. Recuperado de: <http://www.if.ufrgs.br/ienci>.
- Instituto Politécnico Nacional (s.f.). *Innovación educativa ISSN 2594-0392*. Recuperado de: <https://www.ipn.mx/innovacion/>.
- Occelli, M., y Valeiras, N. (2013). Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación. Una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, (3), 133-152. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v31n2.761>.
- Oliveira, A. (2021). En busca de una didáctica de la sociología: aportes desde la educación secundaria brasileña. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (40), 21-34.
- Perfiles Educativos (2021). *Enfoque y alcance*. Recuperado de: [http://www.perfileseducativos.unam.mx/iisue\\_pe/index.php/perfiles/about](http://www.perfileseducativos.unam.mx/iisue_pe/index.php/perfiles/about).
- Piaget, J. (1972). El mito del origen sensorial de los conocimientos científicos. En *Psicología y epistemología* (pp. 63-84). Buenos Aires: Emecé.
- Radford, L. (2004). Semiótica y educación matemática. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, (2), 7-21.
- RELIME (2021). *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*. Recuperado de: <http://relime.org/index.php>.
- Revista Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales (2021). *Revista Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*. Recuperado de: <https://ojs.uv.es/index.php/dces>.
- Revista Ibero Americana de Educación (2021). *Revista Ibero Americana de Educación*. Recuperado de: <http://www.rieoei.org>.
- Soler-Álvarez, M., y Manrique, V. (2014). El proceso de descubrimiento en la clase de matemáticas: los razonamientos abductivo, inductivo y deductivo. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 32(2). Recuperado de: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/v32-n2-soler-alvarez-manrique/375685>.
- Universitat Autònoma de Barcelona (2021). *Universitat Autònoma de Barcelona*. Recuperado de: <http://ensciencias.uab.es>.



# Prefacio

*No pretendamos que las cosas cambien  
si siempre hacemos lo mismo.*

Albert EINSTEIN

La Red de los Seminarios Repensar (RSR) se constituyó oficialmente en el año 2015 como resultado del trabajo realizado por un grupo de docentes e investigadores que aportan a las didácticas específicas desde el año 2004, cuando surgió el Seminario Repensar las Matemáticas (SRM), que fue impulsado por un grupo colegiado de la extinta academia institucional de matemáticas, que congregaba a profesores del nivel medio superior en el Instituto Politécnico Nacional (IPN).

Tras siete años de implementación del SRM, en el auge de la innovación educativa y el nacimiento de la investigación multidisciplinaria en la institución, surgieron dos nodos semilla pertenecientes a otras áreas de conocimiento distintas, pues la intención fue dar respuesta a problemáticas educativas comunes y desde las distintas perspectivas disciplinarias.

De esta forma surgieron el Seminario Repensar la Bioquímica (SRBQ) y el Seminario Repensar la Cultura Financiera (SRCF), transfiriendo de manera innovadora la metodología de los Seminarios Repensar y construyendo problematizaciones de investigación educativa desde las didácticas específicas. En la actualidad han operado diez seminarios en distintas áreas del conocimiento, en los niveles medio superior, superior y posgrado, y se ha contado con la aportación de miembros adscritos a instituciones educativas de distintos países de Latinoamérica.

A casi una década de trabajo en red y a cinco años de la instauración oficial de la RSR, se integró el primer libro que documenta experiencias didácticas de enseñanza especializada con un enfoque multidisciplinario, a partir de las aportaciones de los Seminarios Repensar y la experiencia de docencia, para contribuir a la teoría y práctica de las didácticas específicas y emergentes.

Y, ¿por qué abordar la enseñanza especializada como eje articulador de la escritura y la documentación de experiencias didácticas? Porque una tendencia actual es el énfasis en la gestión y aplicación del conocimiento especializado, que se logra a través de estudios de posgrado; sin embargo, desde la conformación del currículo para la formación en educación media y superior se requiere abordar contenidos que perfilen la especialización en campos determinados del conocimiento.

Como se discutía hace ya más de dos décadas, el reto en la reestructuración curricular y académica de las instituciones educativas que ofrecen educación técnica y profesional radica en lograr la conjugación equilibrada entre la formación integral y la formación especializada a través de la enseñanza.

La formación de futuros profesionistas se fortalece con una enseñanza técnica y especializada de los docentes para lograr que los estudiantes dominen conocimientos y habilidades tanto básicos como complejos en un campo específico y, además, logren resolver problemas profesionales con sustento en la ciencia. Sin embargo, las problemáticas y desafíos del siglo XXI se enfrentan en contextos extremadamente diversos y complejos, por lo que es indispensable combinar la enseñanza especializada con la formación integral, ultimando con el desarrollo de habilidades blandas y para la vida.

Lo anterior requiere de los profesores una formación docente que dé respuesta a demandas complejas en las aulas y fuera de ellas. Por otro lado, es necesario reconocer que los estudiantes del siglo XXI adquieren un rol trascendental en el proceso educativo, pues el aprendizaje y su desarrollo en los diversos campos del conocimiento dependerá en gran medida de las aptitudes y actitudes que dinamicen para aprovechar o no las ventajas que los programas educativos les brindan.

Por su parte, las instituciones educativas se han comprometido a cumplir con las intenciones y expectativas de formación a través de la calidad y la excelencia, para el egreso de personas capaces de desarrollarse ampliamente en su profesión, que también puedan ser conocedoras de otras ramas del conocimiento para interactuar de manera inter, multi y transdisciplinaria, en la solución de problemas complejos en los sectores social y productivo.

La clave para superar los desafíos de la formación y la enseñanza en el siglo XXI se encuentra en el abordaje didáctico que los profesores construyan de manera creativa, así como en la documentación de experiencias que los profesores y estudiantes viven y construyen en conjunto durante el proceso educativo.

El grupo de docentes e investigadores que interactúa de manera multidisciplinaria en esta red ha logrado romper paradigmas de trabajo tradicional, generando innovaciones significativas en la docencia con la incorporación de resultados de investigación en su praxis e incluso desde su propia profesionalización.

Por lo anterior, se consideró trascendente compartir el *know how* de sus actuaciones e intervenciones didácticas, que han podido robustecerse a partir de la transferencia de conocimiento y experiencia entre las distintas áreas científicas.

La obra que se presenta se construyó a partir de las siguientes premisas didácticas inspiradas en Alicia R. W. de Camilloni:<sup>1</sup>

- I. Siempre se puede enseñar mejor, por lo que es indispensable revisar los currículos de manera permanente, seleccionar y usar estrategias para crear y recrear nuevas maneras de enseñar y evaluar.

---

<sup>1</sup> Camilloni, A. (2007). *El saber didáctico*. Buenos Aires, Argentina: Paidós.

---



- II. Los profesores tenemos el firme compromiso de lograr que los estudiantes aprendan y construyan toda clase de saberes indispensables en su vida personal, en sus relaciones sociales, como ciudadanos y futuros profesionales.
- III. Para fundamentar las decisiones y prácticas pedagógicas es necesario integrar los aportes de las diferentes disciplinas y realizar investigaciones en el campo específico de la enseñanza.
- IV. La reflexión debe acompañar sistemáticamente todas las tareas relacionadas con la acción de enseñar. Es necesario contar con una teoría didáctica madura, seria, rigurosa y dinámica.

De acuerdo con la autora, la acción pedagógica y las prácticas de enseñanza que se desarrollan en campos sistemáticos del conocimiento didáctico delimitado en regiones de conocimiento particulares corresponde al terreno de las didácticas específicas que, por tradición, han sido agrupadas de acuerdo con los distintos niveles del sistema educativo, las edades de los alumnos, las disciplinas, el tipo de institución o las características de los sujetos.

No obstante, esta delimitación no debe ser restrictiva, porque cuando se habla de las didácticas emergentes se hace alusión a las nuevas formas de enseñanza que están surgiendo como respuesta a las necesidades sociales y educativas del siglo XXI, principalmente por la reconfiguración y aplicación del conocimiento, la atención a problemas cada vez más complejos, así como la incorporación y apropiación de la tecnología en el fenómeno educativo. De esta forma, la obra se ha organizado desde la “regionalización” de tres áreas de conocimiento, no obstante, se flexibiliza la perspectiva emergente en los tópicos educativos problematizadores y sus abordajes, porque cada capítulo atiende demandas particularizadas de la enseñanza especializada y la profesionalización docente.

Los integrantes de la RSR somos partícipes de un espacio de trabajo innovador donde se comparten logros y se estimula la profesionalización docente. El reto para esta red es agregar valor a la educación en el IPN y otras universidades de México y Latinoamérica a través de cada Seminario Repensar, cuya esencia es preguntar, analizar, reflexionar, dialogar, disentir y compartir.

En la RSR se ha asumido el firme propósito de contribuir a la transformación de las didácticas en Latinoamérica a través de un esfuerzo colectivo que sume voluntades y haga uso de los resultados de la investigación educativa. Dicha transformación se esboza partiendo del saber y de la aplicación de métodos que provean a los docentes de herramientas para guiar a sus estudiantes de forma clara y retadora.

Este libro es resultado de un esfuerzo colectivo, con el cual no se intenta compendiar el saber didáctico para la bioquímica, matemáticas, física, cultura financiera y filosofía, es antes un conjunto de propuestas construidas por docentes e investigadores para docentes, que invita a repensar nuestra actividad a partir de la investigación educativa y la praxis reflexiva. A partir del análisis de cada contexto, los autores de los capítulos se han planteado como una tarea fundamental compartir aquellas

---

prácticas exitosas en didácticas específicas para distintos niveles educativos que van desde educación secundaria hasta posgrado.

La particularidad de cada disciplina obliga a que se diseñen estrategias con mayor precisión, dedicando cada capítulo a una problemática particular, aportando explicaciones y experiencias con apoyo de investigación educativa clásica y de frontera.

El libro está organizado en tres secciones para tratar los aportes de los Seminarios Repensar en las ciencias experimentales, las matemáticas y las ciencias sociales y humanidades. Se comparten siete capítulos con experiencias y propuestas basadas en sesiones de los diferentes nodos de la RSR. Se muestran las perspectivas de docentes, investigadores y aprendices sobre nuevas formas de hacer docencia, para cimentar una praxis basada en los resultados de la investigación educativa.

La primera parte está dedicada a las ciencias experimentales y se hacen aportaciones en los capítulos I, II y III; la segunda parte del libro agrupa los capítulos IV y V, que plantean experiencias didácticas desde las matemáticas, y en la tercera parte se aportan dos experiencias, la del capítulo VI enmarcada en las ciencias sociales y la del capítulo VII en las humanidades.

Se invita al lector a evaluar y replicar –en su caso– las propuestas compartidas en el libro de los Seminarios Repensar, atreviéndose a incorporar nuevas ideas a su práctica educativa, integrar las propias y diseñar nuevas estrategias para innovar la enseñanza. Parafraseando al genio de la física moderna, no se esperen resultados de aprendizaje diferentes si las formas de enseñanza son las mismas del pasado. Se invita a la disrupción en la praxis para romper con creencias y tradiciones que restringen la reinención de la docencia y la didáctica.

**ALMA YRELI SOTO LAZCANO**

**LILIANA SUÁREZ TÉLLEZ**

**FABIOLA ESCOBAR MORENO**

---

PRIMERA PARTE

# *REPENSAR*

la enseñanza en las

# **CIENCIAS EXPERIMENTALES**



# La metodología de los Seminarios Repensar: Seminario Repensar la Bioquímica

VÍCTOR HUGO LUNA ACEVEDO  
Instituto Politécnico Nacional - ENCB (México)

## Resumen

El presente capítulo tiene como objetivo hacer patente la metodología de los Seminarios Repensar para recuperar la reflexión académica que coadyuve a la formación de los docentes. La selección de tres sesiones del Seminario Repensar la Bioquímica permitió hacer un recorrido puntual, así como la descripción de los momentos que constituyen el trabajo “atrás de cámaras” para la organización, planeación y puesta en escena de los espacios de colaboración a partir de una transferencia de innovación educativa: el Seminario Repensar las Matemáticas al Seminario Repensar la Bioquímica. Los resultados de este análisis permiten caracterizar cada momento y llevar al lector a una reflexión propia. Las conclusiones señalan el potencial de adaptación de los Seminarios Repensar ante situaciones adversas y acercarse a las investigaciones educativas de forma habitual, siendo permanentemente actualizadas las temáticas y su pertinencia.

## INTRODUCCIÓN

En este capítulo el lector encontrará una metodología apropiada para recuperar la esencia de la reflexión académica en su formación como docente. De las cuarenta sesiones realizadas en el Seminario Repensar la Bioquímica, se eligieron para este capítulo tres de ellas que, por su contenido, la vinculación del investigador invitado con las didácticas específicas (Ramírez, Torres, Suárez y Ortega, 2006) y la transversalidad con otras disciplinas como las matemáticas o la cultura financiera, ofrecieron la oportunidad de registrar las sesiones en formato de video digital con contenidos válidos, pertinentes y actuales, así como registrar en los foros de discusión las reflexiones académicas a partir de las lecturas de documentos científicos, aderezadas por los diferentes contextos de instituciones y universidades nacionales y extranjeras, que le dan oportunidad al lector de enriquecer su mirada y abonar a su cotidiano académico.

El objetivo de este capítulo es hacer una presentación de la metodología de los Seminarios Repensar al área de las ciencias médico-biológicas. Así es como se transfiere a manera de una innovación educativa, caracterizando al Seminario Repensar la Bioquímica (SRBQ) como un seminario en modalidad a distancia. La misma se vio obligada a amoldarse a las condiciones para una unidad de aprendizaje (antes denominadas *materias* o *asignaturas*) del tipo teórico experimental que impulsa el Instituto Politécnico Nacional en el área de las ciencias médico-biológicas.

La unidad de aprendizaje denominada Bioquímica se encuentra como parte del tronco común en el currículo de las carreras que ofrece la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB). Es reconocida como difícil de cursar y aprobar por parte de los estudiantes por la complejidad de sus contenidos, los cuales no cuentan con estrategias didácticas variadas para ser abordadas por los docentes investigadores encargados de impartirla.

Se considera como un tamiz en las carreras que ofrece la ENCB debido a que un gran porcentaje de estudiantes no aprueba y decide desertar, o la lleva “arrastrando” como reprobada en los semestres siguientes inmediatos. Es importante hacer notar que, como forma parte del tronco común de las carreras, las unidades de aprendizaje (UDA) siguientes cuentan con la concepción de que los estudiantes conocen las bases fundamentales para cursar Microbiología, Microbiología Ambiental, Biología Molecular, Fisiología y Bioquímica Microbiana, Fisiología Celular y todas las demás UDA derivadas.

Dicha unidad de aprendizaje es impartida a la fecha por profesores del Departamento de Bioquímica, un departamento reconocido por la excelencia y generación de conocimiento de alto nivel.

La idea del SRBQ fue la de socializar ideas didácticas mediante la reflexión académica en un espacio en modalidad a distancia para que los profesores investigadores del área (y afines) tuvieran oportunidad de conocerlas y, en la medida de lo posible, adquirir las habilidades docentes para minimizar la dificultad para el aprendizaje.

---

Tabla 1. Ubicación de la UDA Bioquímica en las carreras de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (IPN, 2021).

Unidad académica	Carrera	Semestre
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas	(2019) Ingeniería Bioquímica	Tercero
	(2018) Ingeniería en Sistemas Ambientales	Cuarto
	(2020) Biología	Tercero
	(2018) Químico Bacteriólogo y Parasitólogo	Cuarto
	(2015) Químico Farmacéutico Industrial	Tercero

Fuente: Elaboración propia.

## LOS ACTORES EDUCATIVOS

La Red de Innovación e Investigación en Educación Estadística y Matemática Educativa (RIIEEME) propuso en el año 2004 el Seminario Repensar las Matemáticas (SRM), como un vehículo para acercar a los docentes del área de Matemáticas a la investigación en la Matemática Educativa. Es conocido y reconocido que los docentes que imparten las matemáticas en todos los niveles del IPN son profesionales del área como ingenieros, contadores, físicos, matemáticos, actuarios, entre otros, pero no son formados como docentes en la educación matemática. Se convirtió en una oportunidad para que, sin descuidar sus actividades sustantivas, complementaran su formación en Matemática Educativa, para ofrecer a los docentes una amplia dimensión de oportunidades para hacer y aprehender herramientas que propicien un aprendizaje significativo.

En el marco del rediseño curricular que ha acarreado la Reforma Académica Integral, se trata de propiciar la reflexión y la discusión informadas sobre la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas y, en consecuencia, mejorar la calidad de los aprendizajes mediante el uso de los resultados de la investigación educativa en la práctica docente [Ramírez, Torres, Suárez y Ortega, 2006].

Esta estrategia, con resultados comprobados en el SRM, se consideró al momento de diseñar el SRBQ, recreando el *punte de información* (documento de lectura conocido más adelante como *documento de referencia*) dirigido hacia la reflexión con investigadores educativos en las áreas cercanas a la bioquímica, como química educativa, física educativa, biología educativa y áreas transversales como matemáticos educativos, entre otros.

Cabe señalar que el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) fue eficientemente diseñado para entablar este diálogo entre investigadores educativos y docentes.

El proyecto se fundamenta en la transferencia de una innovación educativa, contextualizándola en los avances de la ciencia y la tecnología, especialmente en el amplio espectro de la bioquímica, como una estrategia para abordarla desde la perspectiva de la innovación y para, en un futuro no muy lejano, ser un auxiliar para la resolución

de los problemas que, en la idea de crear una didáctica de la bioquímica, incidan en un mejor aprendizaje de la disciplina.

### **ANALIZANDO LA METODOLOGÍA REPENSAR PARA OTRAS ÁREAS**

Parte del proceso de transferencia de la innovación educativa fue el tiempo invertido para lograr cristalizarlo. Se convocó a un grupo de entusiastas colaboradores de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, coordinados por integrantes del SRM, para darle forma al SRBQ.

Esta iniciativa formó parte de la idea general, que después fue reconocida como un Seminario Repensar: a) se invita a un investigador especialista en un tema sobre las didácticas experimentales, b) se acompaña esta invitación por parte de los docentes dialogantes para que se familiarice con el concepto de la metodología de los Seminarios Repensar y posteriormente c) se integran las herramientas de la información y comunicación para ofrecer a los participantes un ciclo de sesiones Repensar, durante un periodo anual en principio, aunque en el año 2011 el Repensar la Bioquímica sólo propuso cuatro sesiones a partir de septiembre.

Fue difícil encontrar a quienes hicieran investigación sobre didáctica de la bioquímica, pero se encontraron varias iniciativas sobre las didácticas emergentes y sus familias, como las didácticas en ciencias experimentales. Estos hallazgos fueron valorados por su cercanía a la formación de los docentes afines con las disciplinas y se les invitó a participar.

Se ubicó a una amplia gama de investigadores educativos con trabajos relacionados con la bioquímica (biología y química didáctica), que aceptaron la invitación a participar y dieron forma a la primigenia concepción: compartir sus trabajos y acercarlos a los docentes. Se exploró al respecto de las didácticas emergentes, logrando que los invitados (especialistas en biología educativa, en formación de docentes en las ciencias experimentales, físicos educativos, entre otros) aportaran sus estudios.

### **LOS ROLES DENTRO DE LA RED**

Para organizar el trabajo entre los organizadores del seminario se precisó conformar roles al interior de la red académica: alguien encargado de invitar a los investigadores (coordinación académica o docentes dialogantes); alguien que se hiciera cargo de configurar los espacios en línea para documentar y registrar las aportaciones de las reflexiones emanadas de la interacción investigador-docentes; quien se ocupara de transmitir en línea la sesión del seminario (coordinación logística) y del registro del seminario como acción formativa para los docentes (coordinación administrativa), tanto para la validez del seminario como para la expedición de constancias a los participantes.

---





Figura 1. Roles definidos a partir del diseño del SRBQ.

Fuente: Elaboración propia.

Fue necesario para que se conformara el nodo SRBQ, con integrantes que se hicieran cargo de la coordinación académica, alguien que se ocupara de la coordinación logística y la no menos importante –pero sí crucial– gestión administrativa, a partir de lo cual los creadores del Repensar la Bioquímica decidieron participar, no sin la incertidumbre del reconocimiento de su labor al interior de la red. En este momento se empezó a tratar a los colegas como miembros de una red académica que se dedicó a trabajar de manera extraordinaria a la cotidianeidad, es decir, modificaron su cotidiano académico, al ser parte de la red de los Seminarios Repensar.

La didáctica de la bioquímica se puede crear en un corto o mediano plazo, pero para que surja como un trabajo colegiado el seminario ofrece sus sesiones para las actividades en el seno de las academias y con la teoría revisada en las sesiones del Repensar, considerando y haciendo referencia a los estudios sobre las didácticas específicas como la biología, las matemáticas, la química, la física, las ciencias experimentales y la formación docente.

## LOS MOMENTOS DE LOS REPENSAR

Estos Seminarios Repensar son diseñados y configurados como espacios de comunidades de aprendizaje permanente, abiertos, que utilizan las TIC para lograr un mayor alcance de profesores de la comunidad docente politécnica y de otras instituciones (Soto y Luna, 2018).

Se identificó que al interior de cada Repensar se encuentran estructurados tres momentos: 1) *antes*, 2) *durante* y 3) *después* (Ruiz y Suárez, 2015). A lo largo del ciclo de un Repensar, los tres momentos (generalmente conformados de mínimo cuatro a diez sesiones por año) implican tres tipos de gestión: a) la académica, b) la administrativa y c) la logística, para complementar las tareas anteriores revisando la disponibilidad de la infraestructura informática y de comunicaciones entre las diferentes sedes.



Figura 2. Esquema de las sesiones de un ciclo de un Repensar donde I es el investigador y D son los docentes dialogantes.

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, cada sesión también cuenta con los tres tipos de gestión para darle fluidez al seminario:

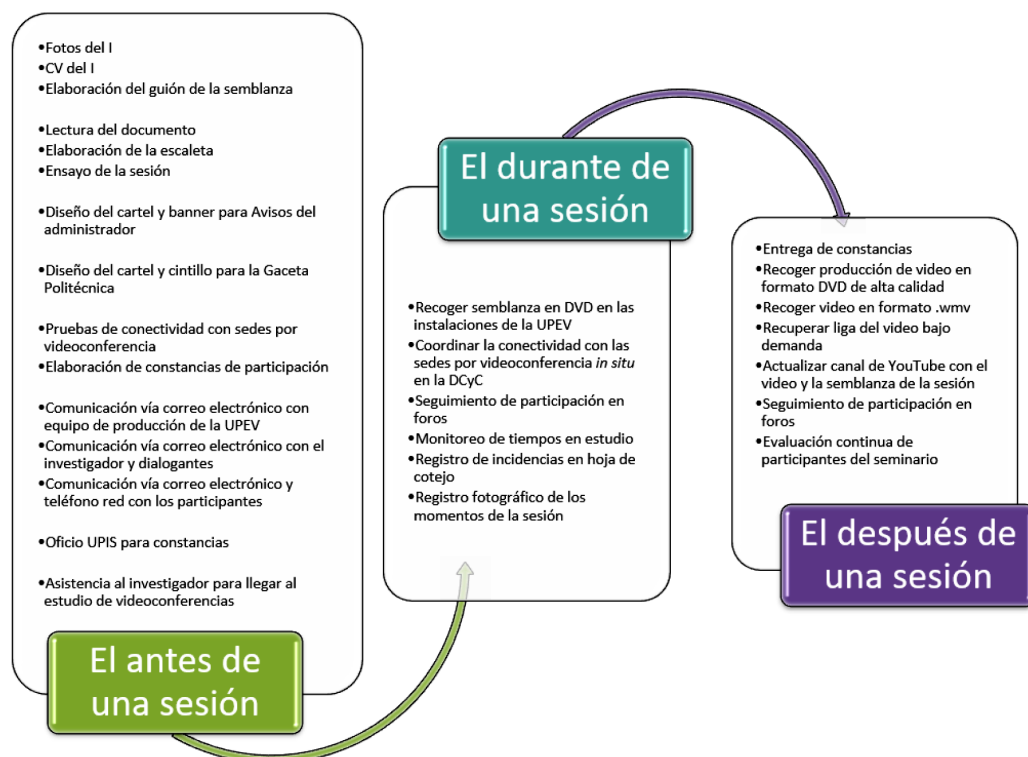


Figura 3. Diagrama de los tres momentos que se replican en todo el ciclo de manera continua.

Fuente: Elaboración propia.

El momento *antes* de una sesión de un seminario consiste en realizar la lectura del documento de referencia que ofrece el investigador invitado, aunque en ocasiones pueden ser más de uno; una vez realizada la lectura se recomienda a los participantes publicar en los foros de la sesión una primera intervención relacionada con alguna idea primigenia sobre dudas, observaciones, comentarios o ideas para llevar la reflexión a un momento analógico.

El momento *durante* de un Seminario Repensar consiste en una sesión por videoconferencia que se graba y queda disponible en formato de video bajo demanda

en un canal de YouTube para su posterior consulta. Esta sesión transmitida por Internet o videoconferencia escenifica el diálogo entre docentes dialogantes con el investigador invitado.

El momento *después* de la sesión se encuentra enmarcado en un espacio virtual donde las ideas se amalgaman a partir de la reflexión. El investigador invitado participa en el foro de la sesión del seminario aclarando dudas, ampliando las intervenciones que por cuestiones de tiempo no fueron posibles de abordar durante la sesión de videoconferencia, y enriquece la reflexión entre los pares académicos.

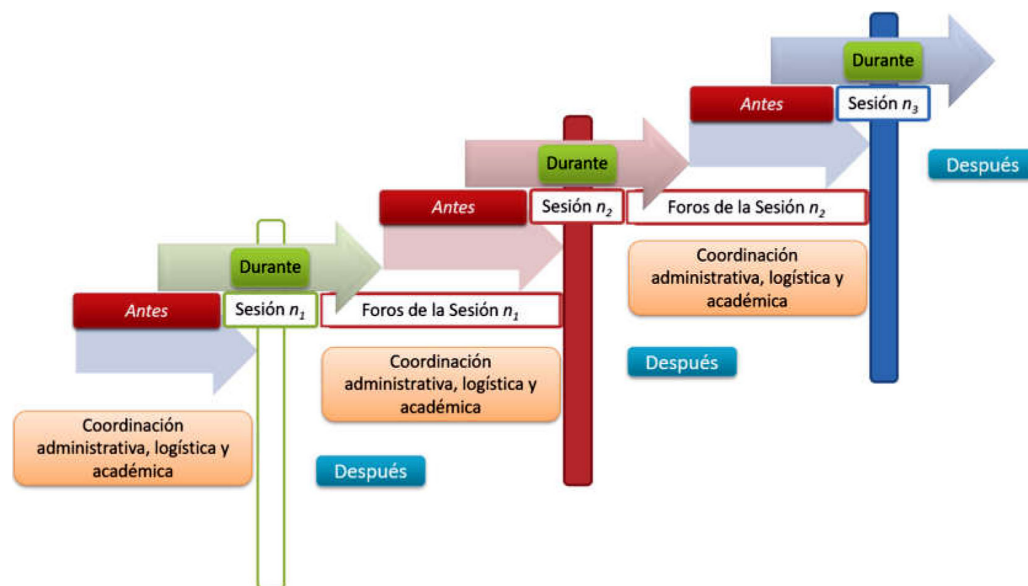


Figura 4. Representación de los momentos de cada sesión, señalando los inevitables traslapes entre ellos.

Fuente: Elaboración propia.

En la complejidad del trabajo al interior de los Repensar se registró que existen traslapes entre sesiones que convierten los momentos *antes* de una sesión en los momentos *después* de la siguiente, y así sucesivamente.

Para el SRBQ se buscó que fuera un espacio donde los colegas del área (y áreas afines a las ciencias experimentales) se pudiesen concentrar (sin la necesidad de la presencialidad) para intercambiar ideas prácticas en la docencia a partir de las investigaciones en didácticas específicas.

Las reuniones que se plantearon sirvieron para socializar y compartir ideas desde la experiencia del docente en sus diferentes escenarios: en el aula y frente al laboratorio; para futuros esfuerzos que fortalezcan el desarrollo del currículo en las unidades académicas en las cuales participan, el SRBQ comunicó la iniciativa de que no solamente fuera para los colegas del Instituto Politécnico Nacional, sino que hubiese apertura para enriquecer y robustecer las experiencias con colegas de instituciones nacionales e internacionales.

La metodología de los Repensar tiene la ventaja de la no-presencialidad de los colegas participantes, ofrece que sean utilizadas las TIC, plataformas educativas, comunicaciones síncronas y asíncronas, para que los docentes reflexionen, en lapsos de tiempo mensuales, sobre su práctica y su quehacer académico, creando así espacios de reflexión académica institucional, nacional e internacional, a partir de las ideas que surjan al conocer y llevar a cabo en la práctica las didácticas específicas y emergentes (Ruiz, Suárez, Villa y Luna, 2020).

### **LAS SESIONES DEL SEMINARIO**

Desde el año 2011 y hasta el año 2017 se realizaron cinco ciclos, a pesar de las circunstancias administrativas desfavorables.

La gestión administrativa con las autoridades se debe traducir en el cumplimiento de la reglamentación institucional para registrar seminarios a distancia, con valor curricular para los docentes participantes por las horas dedicadas a la organización de cada una de las sesiones.

En los Seminarios Repensar se cuenta con el apoyo a distancia de varias personas, entre ellos los investigadores invitados, para darle vida a la acción formativa de la docencia a pesar de las circunstancias de la normalidad académica (tiempo dedicado a las clases, la planeación, la evaluación, la retroalimentación) con las personales (tiempo para dedicar a los hijos, supervisión, quehaceres domésticos, sociales, familiares y profesionales).

Esta noción del trabajo colaborativo dio la oportunidad para que, en el 2015, se lograra que la Red de los Seminarios Repensar fuera reconocida institucionalmente como una red académica con trabajo extraordinario en línea.

Para ayudar en la investigación de las didácticas específicas y emergentes pueden ser de utilidad en el futuro próximo los registros documentados en la página del Repensar la Bioquímica, donde están puestas a disposición de los docentes las sesiones del seminario en que cada invitado especialista participó atendiendo las aportaciones de los interesados en conocer más allá de lo que el documento de referencia ofrecía.

### **LOS TEMAS DEL SEMINARIO**

El SRBQ ofreció a los docentes una amplia variedad de temas. Para una mejor visualización de las sesiones documentadas en el seminario, se invita a revisar el apéndice 1. Es de libre acceso, además de poder revisar los documentos de referencia, ver los videos de las sesiones, con la posibilidad de registrar su aportación. Los requisitos para participar e interactuar para propiciar la reflexión son identificarse con su correo electrónico válido, su nombre completo y haber visto los videos de las sesiones, así como haber leído previamente el documento o documentos de referencia de los investigadores invitados.

---

Una vez recapitulado para el lector las sesiones del seminario, se ofrece una metodología para analizar y aprovecharlas, siempre respetando la autoría de los referentes de cada una de ellas, así como citando de manera correcta a los mismos.

## APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA REPENSAR

El momento más concentrado en cuanto a interacción se refiere es *después*, que en el foro de la sesión registra las aportaciones reflexivas entre pares académicos con los invitados investigadores o especialistas en los temas. Para los participantes, también es importante que se familiaricen con estos momentos, ya que son traducidos como:

1. ¿Qué hacer *antes* de la sesión? Para un docente participante, se traduce en leer el o los documentos de referencia que ofrece el investigador invitado, en tres niveles de lectura.
2. ¿Qué hacer *durante* la sesión? Ver la sesión de videoconferencia en vivo para poder interactuar con el investigador invitado a la sesión. *Nota:* si no se puede asistir a la sesión en vivo (las razones pueden ser diversas), éstos quedan alojados en el canal de YouTube de los Repensar y con una liga en el foro de la sesión correspondiente.
3. ¿Qué hacer *después* de la sesión? Interactuar con sus colegas académicos de manera asíncrona en los foros de las sesiones diseñados en WordPress (es un sistema de gestión de contenidos que permite crear y mantener un blog u otro tipo de web). Funcionan también a manera de repositorios para los documentos de referencia y para las ligas a los videos de las sesiones, así como a los foros, para reflexionar de manera colegiada alrededor de los temas (Ramírez, Zenteno, García y Suárez, 2014).

## INVITANDO A REFLEXIONAR

En este capítulo se invita a llevar a cabo estos tres momentos, razón por la cual se han seleccionado tres sesiones especialmente reconocidas por ofrecer al lector:

- Temas relacionados con la internacionalización del IPN (sesiones 04 y 10).
- Tema de la vinculación con universidades nacionales y la transversalidad de las disciplinas (sesión 26).

## PRIMER MOMENTO, UN BREVE ANÁLISIS DE ANTES

La presentación de los temas de las sesiones parte del producto de la comunicación entre el investigador invitado y los docentes dialogantes (Ruiz y Suárez, 2015), quienes hacen el contacto con el investigador invitado, leen sus documentos de referencia y diseñan la sesión.

En la sesión 04, “La comunicación en la enseñanza y aprendizaje de la Bioquímica”, se tuvo como invitada a la doctora María Gabriela Lorenzo, de la Universidad

---

de Buenos Aires, Argentina. La presentación de la primera sesión internacional de un Seminario Repensar registró lo siguiente:

Los procesos comunicativos son centrales en toda interacción humana y por tanto intervienen activamente en la acción educativa y en la investigación científica. En esta sesión se muestra el rol de la comunicación para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales y sus vinculaciones con la investigación científica, se describen algunas de las características del lenguaje científico en un marco más amplio que incluya algunos conceptos teóricos sobre el tema comunicación; por último, se comentarán algunas estrategias para alcanzar una comunicación más efectiva en el aula [Luna, 2011].

Hace ya casi diez años se formuló una interacción docente-investigador mediante aplicaciones de comunicación síncrona, como el Skype, para documentar mediante videollamada la interacción con el equipo de videoconferencia institucional.

Para propiciar una reflexión alrededor del tema se le ha recomendado al participante:

- Descargar los documentos de referencia en una carpeta de Windows para su fácil ubicación.
- Abrir el documento de referencia.
- Abrir un documento de Microsoft Word para documentar el análisis de éste.
- A manera de tabla, el documento de Word debe contener mínimo estos elementos: título del documento de referencia (si es artículo, tesis, capítulo de libro, libro, ponencia, conferencia), autor o autores (entre los que debe estar el investigador invitado), año de publicación, y otros datos que identifiquen al mismo.
- Por lo general, cuando leemos un documento por primera vez lo hacemos de manera literal, sólo extrayendo o subrayando los elementos más importantes del mismo.
- Cuando releemos el documento por segunda vez empezamos a crear relaciones que nos permiten hacer inferencias y conclusiones.
- Una tercera lectura nos motiva a generar ideas del documento para trasladarlo de un ámbito a otro, relacionando nuestro conocimiento y experiencia, haciendo analogías y emitiendo juicios de valor.

En la tabla 2 se muestran las características de cada una de tales lecturas, que pueden ser de ayuda.

Tabla 2. Niveles de lectura.

Lectura literal	Lectura inferencial	Lectura analógica
Observación	Clasificación	Interpretación
Comparación	Codificación	Relaciones analógicas
Relación	Palabras clave	Juicios de valor

*Fuente:* Elaboración propia.

Pero veamos por medio de un ejemplo cómo son funcionales las recomendaciones (ver tabla 3).

Tabla 3. Propuesta fundamentada en el Taller Repensar la Enseñanza de las Matemáticas, 2020.

Sesión 04	
Lorenzo, M. G. (2011). Comunicar para enseñar y aprender ciencias naturales. En <i>Ciclo de conferencias</i> (p. 7). Santa Fe: Universidad Nacional de la Rioja. Recuperado de: <a href="https://seminariorepensarlabioquimica.files.wordpress.com/2011/11/lorenzo-mg-unlar.pdf">https://seminariorepensarlabioquimica.files.wordpress.com/2011/11/lorenzo-mg-unlar.pdf</a> (consulta: 13 jul. 2020).	
Extracto	
Lectura literal	Para comunicar hay que saber escuchar. Uno de los problemas más habituales que surgen durante los procesos comunicativos en nuestra cultura es la falta de escucha. En los contextos educativos muchas veces suele considerarse que aquel estudiante que no participa activamente de la clase, es decir, no responde a las preguntas del profesor, no está prestando atención. O también es frecuente encontrar situaciones donde el profesor formula una pregunta a la clase, pero no espera lo suficiente para que los alumnos respondan, muchas veces justificado por la falta de tiempo y la gran cantidad de contenidos que requieren ser explicados (Lorenzo y Rossi, 2009).
Lectura inferencial	Los estudiantes que no participan en clase se distraen fácilmente por cualquier situación, quizás tengan problemas en casa que traen auestas y eso dificulta que estén listos para poner atención en la clase, claro, esto trae como consecuencia que el profesor tome medidas punitivas dado que el tiempo en clase es muy valioso para prestar atención a uno sólo de ellos.
Lectura analógica	En nuestra cultura latinoamericana, es frecuente que en la familia también se den los casos de no-escucha. Llegamos a casa agotados física y mentalmente, pero descuidamos el lado familiar. Además de eso, es necesario hacer los preparativos para la siguiente clase, leyendo y preparando actividades para no quedar mal en el trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

### ANALIZANDO EL SEGUNDO MOMENTO: DURANTE

Mediante una transcripción, se documentaron algunas frases emitidas durante la sesión de videoconferencia con la invitada; se considera que son relevantes para adoptarlas como metodología para aprovechar tanto el video de la sesión como el documento de referencia:

- Incluir las herramientas digitales en los planes y programas de estudio.
- Formación del docente en una trayectoria gradual y progresiva.
- Identificación de los sectores más vulnerables.
- El aula requiere replantear su uso y las acciones.
- Fomentar el diálogo, el debate y la experiencia.

Cada una de ellas nos invita a la reflexión, ¿cómo traducirlas a un momento actual o revivirlas y aplicarlas?

Se puede inferir que los conceptos o principales ideas emergen de una transcripción del video de la sesión, también conocida como la *sesión de videoconferencia*, aunque no sea una conferencia propiamente.

Como se puede observar, las sesiones tienen mucho que ofrecer a los docentes inquietos y ávidos de conocer y saber más. De eso trata este capítulo, de motivar a que los docentes se hagan preguntas a partir de lo que leen y escuchan en las sesiones de los Seminarios Repensar.

En la sesión 10, contando con la presencia de la misma invitada, la doctora Lorenzo, pero ahora con otros docentes dialogantes, la reflexión fue diferente. En el tema “Comunicación en las ciencias experimentales” se destacan los problemas de la comunicación que existen entre docentes y alumnos, son reconocidos como un factor imprescindible para descifrar los códigos correspondientes en una unidad de aprendizaje teórico-práctica como es la bioquímica. La comunicación entre adultos y jóvenes está vinculada estrechamente con la efectividad del aprendizaje en el aula o laboratorio.

Las herramientas ofrecidas a los participantes para la comunicación con el investigador invitado, tanto síncrona como asíncrona durante la transmisión del seminario, se pueden enumerar así:

- Teléfono con extensión en el estudio.
- Chat de *Hotmail*.
- Correo electrónico.
- Blog del seminario.

Estas herramientas informáticas y analógicas como el teléfono en el estudio han mostrado su utilidad en su momento (año 2012) y actualmente siguen vigentes, con algunas variantes derivadas de la tecnología. Ahora los celulares concentran estos medios en un solo dispositivo.

En este punto traemos al lector algunos párrafos del documento de referencia. En la sesión 10 se leyó un artículo publicado en la revista *Educación Química* de la Universidad Nacional Autónoma de México (Farré y Lorenzo, 2012). El artículo constituido por seis partes nos invitó a reflexionar sobre las estrechas relaciones que existen entre las representaciones gráficas y el pensamiento científico, cómo las explicaciones de la teoría no siempre van de la mano con los recursos representacionales y el discurso. La variedad de recursos bibliográficos que en los programas de estudio se anexan para referencias permite un primer acercamiento individual por parte de los actores educativos, los docentes.

El documento ofrece un modelo metodológico para que sea utilizado en otras áreas y con otros temas. A continuación se señala:

#### Metodología

Para estudiar el desarrollo evolutivo del concepto “estructura del benceno”, inicialmente realizamos un análisis de fuentes primarias y secundarias para delimitar los modelos históricos sobre la estructura del benceno surgido de las distintas concepciones de unión entre átomos. En una segunda etapa analizamos las páginas correspondientes al tema elegido de cinco libros de texto universitarios de química orgánica de uso frecuente entre nuestro alumnado (...), en sus ediciones en español disponibles en las bibliotecas de la Universidad de Buenos Aires, para examinar la presencia de ese desarrollo histórico en sus explicaciones [Farré y Lorenzo, 2012].

---



## ANALIZANDO EL TERCER MOMENTO DE INTERACCIÓN O REFLEXIÓN ENTRE PARES CON EL INVESTIGADOR: DESPUÉS

Para ejemplificar este momento se tomó a la sesión 26 del seminario, debido a que la interacción en el foro de discusión fue muy participativa. A esta sesión se le conoce como transversal y fueron partícipes los integrantes de tres Seminarios Repensar: el de Matemáticas, el de Cultura Financiera y el de Bioquímica.

Se pudieron definir temas que tienen importancia para ser transversales en los Repensar, es decir, temas que se pueden abordar desde diferentes perspectivas con una ganancia académica enriquecida por las múltiples visiones de sus participantes.

El tema de la sesión “Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias” (Tobón, Pimienta y García, 2010) llamó la atención sobremanera debido a que, en ese año 2014, los docentes estaban trabajando en rediseños curriculares y actualización de planes y programas de estudio, así que la participación fue abundante y enriquecedora.

Se cuantificaron 117 aportaciones en el foro de reflexión, de las cuales nueve fueron respuestas del invitado a cuestionamientos de los participantes, quedando un total de 99 participaciones, cuya mayoría fue entre pares académicos.

La numeralía no refleja la percepción de la sesión. El doctor Sergio Tobón es un reconocido investigador, documentalmente por su producción bibliográfica, especialista en competencias y secuencias didácticas en Latinoamérica, ofreciendo su experiencia en una sesión de videoconferencia que quedó documentada en los Repensar.

Para este momento, el lector ya se familiarizó con los niveles de lectura del documento de referencia, transcripción de algunos momentos de los videos de las sesiones, ahora llega la parte donde se argumenta también con la experiencia.

### Presentación del tema de la sesión

El doctor Sergio Tobón plantea en esta sesión los proyectos formativos como una estrategia general para formar y evaluar las competencias en los estudiantes mediante la resolución de problemas pertinentes del contexto (personal, familiar, social, laboral-profesional, ambiental-ecológico, cultural, científico, artístico, recreativo, deportivo, etc.) mediante acciones de direccionamiento, planeación, actuación y comunicación de las actividades realizadas y de los productos logrados. Además nos presenta una metodología de planeación de los procesos de aprendizaje y evaluación mediante secuencias didácticas donde los docentes son considerados profesionales de la mediación y de la dinamización del aprendizaje y al estudiante como un sujeto creativo de su formación integral (Tobón, 2010). Revisa los documentos de referencia de la sesión para que tu participación sea óptima en cada una de las sesiones; recuerda publicar tu pregunta en el foro de la sesión antes, durante y después de la transmisión en vivo [Luna, 2014].

### Ejemplo del ejercicio de reflexión:

[Participante n,] A lo largo de la formación en el área de las ciencias de la salud el conocimiento se genera de manera presencial y conduciendo al alumnado a la reflexión y planteamiento, así como resolución de casos mediante la aplicación de conocimientos adquiridos.

[Documento n<sub>2</sub>] Desde la socioformación la metacognición es ante todo un proceso de mejoramiento continuo para alcanzar unas metas por medio de la reflexión en torno a lo que se hace y la aplicación de los valores universales [Tobón, Pimienta y García, 2010].

[Participante n<sub>3</sub>] ...pienso que si se trata de un proyecto de corte de investigación, la evaluación si se logró la competencia debe estar inmersa en el mismo proyecto, por otro lado ponerlos en evidencia con los estudiantes es a través de una actividad que refleje su posición respecto al impacto que se tendrá en los pacientes, si cubre a la mayoría de la población y se impactó también sustentable, ¿cómo hacerlo? se puede emplear un debate orientado a las actitudes y los valores siempre fundamentando las posiciones, criterios, etc.

De acuerdo con los conceptos subrayados, le hacemos estas preguntas al lector: ¿Qué nos lleva a la reflexión? El mejoramiento continuo, ¿cómo está relacionado con las competencias? ¿De qué manera las participaciones conllevan a un debate para aportar con valores?

[Participante n<sub>2</sub>] Sin embargo, con la interacción con los estudiantes me he percatado que ellos están acostumbrados a una acreditación, con ello concluyo que debemos orientarlos a la cultura de la evaluación mediante la reflexión para llegar a autoevaluarse y coevaluarse.

[Documento n<sub>2</sub>] Reflexionar sobre el proceso de identificación del problema a resolver y claridad del proyecto, buscando la mejora en este ámbito.

[Participante n<sub>3</sub>] ...algo que de manera particular me parece importante destacar es el hecho de que es necesario hacer un cambio, no se puede continuar actuando con una metodología, ¿qué necesita cambiar, mejorar, de ahí que las competencias sean hoy la propuesta? ¿qué debe hacer el docente para reflexionar sobre la importancia de apropiarse y de aplicar las competencias?

Para ejercitar la reflexión ¿cuáles serían los caminos para orientar a una cultura de evaluación reflexiva? ¿Cómo identificamos los elementos de un problema? ¿Las competencias son sólo un tema de moda pasajera o son necesarias para la transformación?

Como el lector puede visualizar, el tercer momento de un Seminario Repensar es el más complejo, demanda del participante mayor compromiso y apropiación de los contenidos, con una mayor comprensión del nivel de lectura, pero, sobre todo, de la libertad de pensamiento científico educativo para interiorizar la idea y documentarla para futuras referencias, participaciones en foros, seminarios, congresos... pero así se configura la participación en los Seminarios Repensar.

## CONCLUSIÓN

Las aproximaciones al diseño de la didáctica de la bioquímica pueden ser potencialmente consideradas para formular estrategias que los docentes, desde su quehacer académico, formulen y sean adaptables a todo tipo de contextos educativos y situaciones particulares.

El Seminario Repensar la Bioquímica ofrece a los participantes un espacio en línea para que tengan contacto con investigadores educativos con resultados publicados en diferentes formatos (capítulos de libros, artículos científicos o de divulgación, direcciones de tesis de licenciatura o posgrado y, en última instancia, trabajos en congresos).

---

Una de las cualidades del SRBQ es que es flexible y se encuentra organizado en videos de la sesión, documentos de referencia, foros de discusión y ligas a otros sitios relacionados. Su estructura permite que los participantes interactúen con colegas de diferentes niveles educativos, responsables de unidades de aprendizaje relacionadas con la bioquímica como todas las químicas, las biología (Velasco, 2000), las fisicoquímicas y otras que se derivan en una mayor especialización como la bioquímica microbiana, bioquímica clínica, bioquímica médica, genética, sustentabilidad (Gutiérrez y Martínez, 2010), entre otras muchas más, no excluyendo a profesores de otras áreas diferentes a las médico-biológicas.

Para dar cuerpo a este capítulo se describió de la forma más detallada posible esta evolución, con la intención de que el lector descubra y encuentre caminos para poder replicar la metodología en otras áreas del conocimiento. El punto “aportaciones de la investigación educativa” da a conocer cuáles han sido las que contribuyen para hacer las aproximaciones a la didáctica específica.

La red de los Seminarios Repensar ofrece un potencial para el crecimiento y la formación de docentes participantes, que influyen en la continuidad del arte de la docencia. Gracias a esta acción formativa, a la discusión y al conocimiento de la ingente cantidad de metodologías, deja un legado de nuevas ideas para fortalecer la práctica docente al interior del IPN y, lo más importante, con los connacionales y colegas de otros países.

## Referencias

- Farré, A. S., y Lorenzo, M. G. (2012). De la construcción del conocimiento científico a su enseñanza. Distintas explicaciones sobre la estructura del benceno. *Educación Química*, 3(2), 9. Recuperado de: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/64231/56364> (consulta: 29 oct. 2020).
- Gutiérrez, B. E., y Martínez, M. C. (2010). El plan de acción para el desarrollo sustentable en las instituciones de educación superior: escenarios posibles. *Revista de la Educación Superior*, 39(154), 111-132. Recuperado de: <https://seminariorepensarlabioquimica.files.wordpress.com/2013/07/planaccion.pdf> (consulta: 20 jul. 2020).
- IPN [Instituto Politécnico Nacional] (2021, ene. 21). *Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. Recuperado de: <https://www.ench.ipn.mx/> (consulta: 28 ago. 2020).
- Lorenzo, M. G. (2011). Comunicar para enseñar y aprender ciencias naturales. En *Ciclo de conferencias* (p. 7). Santa Fe: Universidad Nacional de la Rioja. Recuperado de: <https://seminariorepensarlabioquimica.files.wordpress.com/2011/11/lorenzo-mg-unlar.pdf> (consulta: 13 jul. 2020).
- Luna, V. H. (2011, nov. 30). Sesión 04 “La comunicación en la enseñanza y aprendizaje de la bioquímica”. *Seminario Repensar la Bioquímica*. Recuperado de: <https://seminariorepensarlabioquimica.wordpress.com/sesion04/> (consulta: 13 oct. 2020).
- Luna, V. H. (2014, feb. 26). Sesión 26 “Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias”. *Seminario Repensar la Bioquímica*. Recuperado de: <https://seminariorepensarlabioquimica.wordpress.com/sesion26/> (consulta: 29 oct. 2020).
- Ramírez, M. E., Torres, J. L., Suárez, L., y Ortega, P. (2006). Vínculos entre la investigación y la práctica en la matemática escolar del IPN: el Seminario Repensar las Matemáticas, una inno-

- vacación en la formación docente. *Virtual Educa 2006* (p. 17). Bilbao. Recuperado de: <https://repositorial.cuaieed.unam.mx:8443/xmlui/bitstream/handle/20.500.12579/978/110-MRS.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (consulta: 23 nov. 2020).
- Ramírez, M. E., Zenteno, M. G., García, R., y Suárez, L. (2014). Los Seminarios Repensar: espacio para el desarrollo de comunidades de práctica profesional. En *Memorias del III Congreso Internacional EDO, III* (p. 14). Barcelona. Recuperado de: [https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2014/05/xx\\_4.pdf](https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2014/05/xx_4.pdf) (consulta: 17 nov. 2020).
- Ruiz, B. R., y Suárez, L. (2015). Una propuesta de diálogo entre investigación y docencia: Seminario Repensar las Matemáticas. *Opción*, 31(5), 833-855. Recuperado de: <https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2019/06/ruiz-suc3a1rez-2015.pdf> (consulta: 19 sep. 2020).
- Ruiz, B. R., Suárez, L., Villa, J. A., y Luna, V. H. (2020). Seminar on Re-Thinking Mathematics: A collaborative environment, which offers resources for Mathematics teachers and researchers. *ICMI Study Conference: Teachers of Mathematics Working and Learning in Collaborative Groups* (pp. 427-434). Lisboa. Recuperado de: <http://icmistudy25.ie.ulisboa.pt/wp-content/uploads/2020/01/1.6.2020ICMIPreProceedings.pdf> (consulta: 19 sep. 2020).
- Seminario Repensar la Bioquímica SRBQ (2011, ago. 1). *Primer ciclo del SRBQ – 2011*. Recuperado de: <https://seminariorepensarlabioquimica.wordpress.com/srbq1c2011/> (consulta: 3 ago. 2020).
- Seminario Repensar la Bioquímica SRBQ (2011, ago. 1). *Seminario Repensar la Bioquímica*. Recuperado de: <https://seminariorepensarlabioquimica.wordpress.com/> (consulta: 25 jul. 2020).
- Seminario Repensar la Bioquímica SRBQ (2011, nov. 30). *Sesión 04 “La comunicación en la enseñanza y aprendizaje de la bioquímica”*. *Primer ciclo*. Recuperado de: <https://seminariorepensarlabioquimica.wordpress.com/sesion04/> (consulta: 3 jul. 2020).
- Seminario Repensar la Bioquímica SRBQ (2012, jun. 15). *Sesión 10 “Comunicación en las ciencias experimentales”*. Recuperado de: <https://seminariorepensarlabioquimica.wordpress.com/sesion10srbq-2/> (consulta: 13 ago. 2020).
- Seminario Repensar la Bioquímica SRBQ (2012, sep. 26). *Sesión 13 “El gene, la forma, el virus y la idea: una perspectiva personal de la biología matemática”*. Recuperado de: <https://seminariorepensarlabioquimica.wordpress.com/sesion13/> (consulta: 13 ago. 2020).
- Seminario Repensar la Bioquímica SRBQ (2013, ago. 7). *Sesión 21 “Estrategias desde el aula para un plan de acción para el desarrollo sustentable”*. Recuperado de: <https://seminariorepensarlabioquimica.wordpress.com/sesion21/> (consulta: 7 ago. 2020).
- Seminario Repensar la Bioquímica SRBQ (2014, feb. 26). *Sesión 26 “Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias”*. Recuperado de: <https://seminariorepensarlabioquimica.wordpress.com/sesion26/> (consulta: 1 jul. 2020).
- Soto, A. Y., y Luna, V. H. (2018). Redes académicas y trabajo multidisciplinario: el caso de la RIIED-IPN. En *Liderazgo y Gestión del Talento en las Organizaciones* (p. 623). Barcelona: Wolters Kluwer. Recuperado de: <https://edo.uab.cat/en/node/4377> (consulta: 17 sep. 2020).
- Tobón, S., Pimienta, J. H., y García, J. A. (2010). *Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias*. México: Pearson Educación. Recuperado de: <http://razonaya.weebly.com/uploads/2/5/6/3/25637582/secuencia...pdf> (consulta: 7 ago. 2020).
- Velasco, J. X. (2000). El gene, la forma, el virus y la idea: una perspectiva personal de la biología matemática. *Miscelánea Matemática*, (32), 5-38. Recuperado de: <https://seminariorepensarlabioquimica.files.wordpress.com/2012/08/velascohernandez2000gene.pdf> (consulta: 25 jul. 2020).

APÉNDICE 1. SESIONES DEL SRBQ POR AÑO

Tabla 4. Primer ciclo (2011).









Sesión 01	“Mi clase de Bioquímica, del conductismo al constructivismo”		
Sesión 02	“Experiencia de trabajo en redes académicas en la producción de biodiesel”		
Sesión 03	“Vinculando la investigación disciplinar con la labor docente en el aula”		
Sesión 04	“La comunicación en la enseñanza y aprendizaje de la Bioquímica”		

Tabla 5. Segundo ciclo (2012).





















Sesión 05	“Conocimiento Pedagógico del Contenido”		
Sesión 06	“Aprender y enseñar en la cultura digital”		
Sesión 07	“Didáctica Química”		
Sesión 08	“Matemáticas en el Contexto de las Ciencias”		
Sesión 09	“Conocimiento pedagógico en Biotecnología a través del perfil conceptual de Mortimer”		
Sesión 10	“Comunicación en las ciencias experimentales”		
Sesión 11	“Una Estrategia para el Aprendizaje de la Cultura Científica”		
Sesión 12	“Discusiones didácticas e históricas en torno a los conceptos de sustancia y reacción química”		
Sesión 13	“El gene, la forma, el virus y la idea: una perspectiva personal de la biología matemática”		
Sesión 14	“La tecnología como estrategia didáctica”		

Tabla 6. Tercer ciclo (2013).





































Sesión 15	"¿Cómo documentar el Conocimiento Pedagógico del Contenido de profesores de Bioquímica?"		
Sesión 16	"Un marco para el tema de equilibrio químico, el conocimiento pedagógico del contenido"		
Sesión 17	"La estrategia de innovación educativa para el IPN desde la perspectiva de la formación docente y la función directiva"		
Sesión 18	"Estrategias para una formación ética en una secuencia de actividades de aprendizaje"		
Sesión 19	"La evaluación, el aprendizaje y la investigación: Ámbitos de la innovación educativa"		
Sesión 20	"Del saber disciplinar a las secuencias didácticas: el desarrollo de herramientas bioinformáticas para el estudio de los organismos"		
Sesión 21	"Estrategias desde el aula para un plan de acción para el desarrollo sustentable"		
Sesión 22	"Acidez y Basicidad: su aprendizaje y enseñanza en el bachillerato"		
Sesión 23	"Las matemáticas y la biología: fundamentales para la conformación de la didáctica de la bioquímica"		
Sesión 24	"La importancia de la resignificación de la identidad del profesional docente en Bioquímica"		

Tabla 7. Cuarto ciclo (2014).

Sesión 25	"Competencias docentes y el desarrollo de ambientes virtuales de aprendizaje"		
Sesión 26	"Secuencias didácticas: Aprendizaje y evaluación de competencias"		
Sesión 27	"Las progresiones de aprendizaje y la enseñanza del equilibrio químico"		
Sesión 28	"Aprendizaje y Procesos Cognitivos en Ciencias"		
Sesión 29	"El problema de construcción de hipótesis en estudiantes de ciencia"		
Sesión 30	"La formación de profesores para la enseñanza de las ciencias..."		
Sesión 31	"Trabajos prácticos con TIC"		
Sesión 32	"Ambientes de aprendizaje innovadores para la Química"		

















Sesión 33	“Una secuencia de enseñanza/aprendizaje para los conceptos de sustancia y reacción química con base en la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología”		
Sesión 34	“La evaluación de los repensares y sus formas de acreditación”		

Tabla 8. Quinto ciclo (2015).

Sesión 35	“Sector biotecnológico en México”		
Sesión 36	“Análisis de la formación de los médicos del IPN”		
Sesión 37	“Gestión y Sustentabilidad en Ciencias”		
Sesión 38	“La conveniencia de usar programas de simulación para la enseñanza de cinética enzimática”		
Sesión 39	“Formación en posgrado sobre intervenciones educativas en comunidades marginadas”		
Sesión 40	“Enseñar y aprender ciencias y sobre las ciencias en la universidad”		

Para más información sobre las sesiones del seminario se puede consultar la página <https://seminariorepensarlabioquimica.wordpress.com/>

Fuente: Elaboración propia.





# Vinculando la academia y la empresa a través de la física

FABIOLA ESCOBAR MORENO  
Instituto Politécnico Nacional – CICATA Legaria

## Resumen

En este capítulo se muestra una vinculación de una metodología de aprendizaje y una herramienta utilizada a nivel empresarial para la solución de problemas, a partir de un problema planteado de la industria química donde se vinculan el método científico y la dinámica de fluidos. El objetivo fue explorar la combinación de ABP (metodología didáctica: Aprendizaje Basado en Problemas) y DMAIC (herramienta utilizada a nivel laboral, el acrónimo significa: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). La metodología fue cualitativa, descriptiva y exploratoria. Producto de esta indagación y la puesta en escena, contamos con un ejemplo de vinculación entre la academia y la empresa; se dispone de estructuras metodológicas, de un problema real, de instrumentos para evaluar; también tenemos como resultado que es una propuesta que estimula el interés en los alumnos por el método científico, además que se logra vincular los aprendizajes en el contexto de la profesión a la que se está preparando.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del presente capítulo es demostrar, mediante problemas reales de ingeniería, que el alumno puede aplicar y utilizar el método científico fuera de un laboratorio de Física.

El objetivo secundario es la utilización, como soporte didáctico, de la metodología denominada Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y una herramienta utilizada en el ámbito laboral llamada DMAIC, acrónimo cuyo significado es: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, para el aprendizaje del método científico, ya que es un tópico incluido en la unidad de aprendizaje Mecánica Clásica.

Conocedores de que el método científico es el soporte donde descansan las ciencias factuales y de que, si bien los alumnos en el primer semestre de la licenciatura de Ingeniería Química Industrial (IQI) de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQIE) cursan tres laboratorios, y considerando que el método científico forma parte del programa académico de Mecánica Clásica, los alumnos deberían tener un dominio considerable de dicho tópico. Sin embargo, de acuerdo con la experiencia en la docencia, cuando se solicita a los estudiantes que realicen una hipótesis o que planteen preguntas para resolver los ejercicios propuestos de cualquier tema, queda evidenciado que no tienen claro el método científico.

Se considera que la falta de claridad conceptual está relacionada con la forma en que se instruye en este tópico. En los libros clásicos de Física no se aborda el *método científico*, al menos no de forma explícita, porque se considera que la literatura se enfoca a mostrar y ejemplificar una guía de análisis para resolver ejercicios. Algunos autores refieren que la manera en que los físicos abordan los problemas complejos es precisamente a través del método, modelo de análisis de acuerdo con Serway y Jewett (2018, p. 31), e incluso se ha detectado que algunos profesores de Física y otras disciplinas, y alumnos consideran que esos son los pasos del método científico. La guía para resolver ejercicios que proponen autores como Serway y Jewett (2018, pp. 30-31) es: conceptualizar, categorizar, analizar y finalizar.

La confusión estriba en el hecho de que se establece que esta es una propuesta de un modelo (guía) para resolver problemas. Y en la literatura se suele argumentar que el método científico lo constituye una serie de pasos entrelazados para resolver problemas, pero lo que quizá no se haya puntualizado es que lo que se resuelve en los libros de Física no son problemas, son ejercicios. Asimismo, al revisar la literatura de Física de nivel universitario (Tipler y Mosca, 2008; Bauer y Westfall, 2014) encontramos una situación similar, es decir, no hay capítulos ni secciones explicativas para el método científico.

Se cuestionó a nuestros colegas de la Academia de Física sobre las actividades de aprendizaje que diseñan para la comprensión de este tema. Se encontró que son actividades enfocadas a la descripción de cada una de las etapas del método científico. También, algunos colegas señalan que es un tema estéril y que sí está implícito en

---

el laboratorio con la realización empírica de cada uno de los pasos; luego entonces, ¿para qué abordarlo en clase?

De lo anterior se concuerda con lo señalado por Gutiérrez (2006, p. 6) el método científico constituye el medio factible para establecer *orden, precisión* y provee de una forma para *fundamentar* juicios con intenciones científicas. Por lo que, surge esta propuesta para comprender y aplicar el método científico, vinculado a una problemática real. Lo anterior se sustenta en la idea de que se debe mudar la forma en que se aprende la teoría. En el caso del método científico (que implica la observación, planteamiento del problema, generación de hipótesis, prueba de hipótesis [experimentación], análisis de datos, formulación de modelo), los alumnos pueden recordar los pasos pero, ¿cuál es su importancia?, ¿cómo utilizarlo en la práctica?

A lo anterior añadimos que los docentes tienen la creencia de que con la repetición, transmisión o la indagación del método científico se adquiere conocimiento significativo, que es una visión simplista y reducida, porque el método científico plantea dificultades especiales, señala Serrano (1990, p. 224), que se deben reconstruir y explicar.

Por lo anterior, se concuerda con lo que señalan autores como Sanmartí, Cañal, Aleixandre, Couso, Pintó, Ametller y De Pro (2011, p. 16), y tenemos el compromiso de reinventar la forma en que aprenden nuestros alumnos, sobre todo en disciplinas como la Física. Seguir haciendo lo mismo y repitiendo el patrón de cómo fuimos instruidos, ¿está vigente hoy día? Hay que formular esta pregunta y responderla de forma objetiva y expedita; lo que hacemos en las aulas, ¿es útil y suficiente para nuestros futuros profesionistas?

Otra de las razones por las cuales se considera que se deben incorporar estas metodologías es lo expresado por los empleadores, como señala el informe de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos): “Los empleadores también identificaron la desconexión entre el conocimiento y las habilidades desarrolladas en los programas de educación superior y sus necesidades laborales como un tema importante” (OECD, 2019, p. 143). Incluso los que tuvimos la oportunidad de incorporarnos al sector productivo corroboramos esta afirmación. Lo que aprendemos en la universidad, desde los contenidos hasta la forma en como nos instruyen y evalúan, dista mucho de lo que se requiere y de lo que se hace en una empresa, por lo que incorporar estas metodologías coadyuva a ligar los conocimientos y se desarrollan habilidades que no se desarrollan con las clases magistrales.

## METODOLOGÍA

Utilizamos el método sistémico estructural, de alcance descriptivo, y se considera que este es un estudio de caso. Nuestra muestra es no probabilística, porque requerimos un grupo de estudiantes que ya hayan cursado Mecánica Clásica y además cursado tres laboratorios de ciencias experimentales donde el uso del método científico sea explícito o implícito, tal como anteriormente señalamos, según Hernández, Fernández y Baptista (2014, p. 189).

El proceso consistió en utilizar y aplicar la metodología denominada DMAIC como la herramienta para implementar los pasos del método científico, que es de gran valor para los estudiantes.

De acuerdo con McCarty *et al.* (citados por Ocampo y Pavón, 2012), DMAIC “es un método iterativo que sigue un formato estructurado y disciplinado basado en el planteamiento de una hipótesis, la realización de experimentos y su subsecuente evaluación para confirmar o rechazar la hipótesis previamente planteada”.

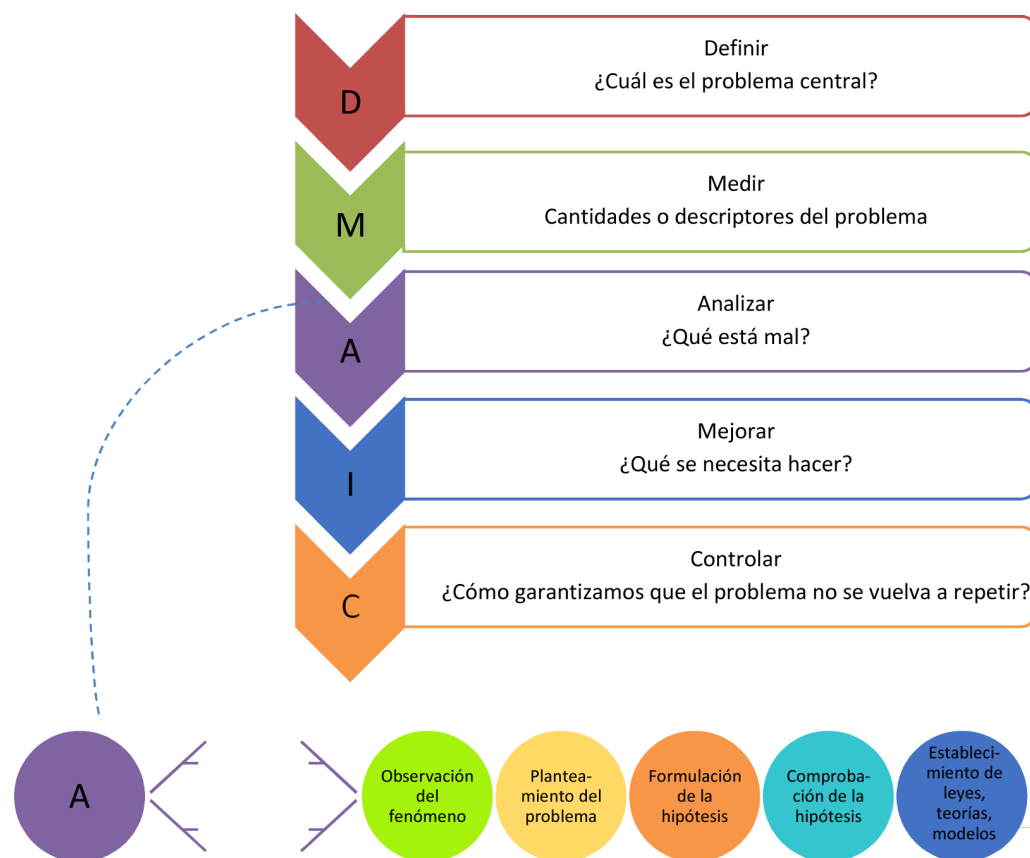


Figura 1. Etapas de DMAIC y el método científico.

Fuente: Elaboración propia.

Dicha herramienta es un acrónimo, donde cada letra tiene un significado y se plantea una pregunta, señala SixSigma (s.f.). Como se observa en la figura 1, en la etapa *analizar* se aplica el método científico de forma explícita, quedando de manifiesto que el método científico traspasa los muros de un laboratorio, y eventualmente puede utilizarse para la solución de problemas de carácter profesional y no-académico.

No obstante, consideramos que también se utiliza en la parte inicial, que es responder a la pregunta: ¿Cuál es el problema inicial? Al hacer un diagnóstico, lo que hacemos es observar (aunque de forma imaginaria o con lo que se dispone del problema), e incluso se comienza el proceso de formular una hipótesis. Asimismo,

en la acción *controlar* estamos haciendo reproducibilidad, análogo a un experimento para probar nuestra hipótesis.

## FUNDAMENTACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA DIDÁCTICA ESPECÍFICA

Tal como menciona González (2010), se requiere del binomio *saber didáctico* y *saber disciplinar* en nuestro caso de la ciencia factual, Física. Pero más relevante es aplicar dicho saber didáctico para contextualizar el aprendizaje y en esa medida lograr motivar a nuestros estudiantes (véase figura 2), por lo que mediante esta propuesta, al considerar la sinergia de las dos metodologías, una apropiada para aprender (ABP) y la otra utilizada en el ámbito profesional (DMAIC) en el contexto de la Física, entonces se puede aspirar a un verdadero aprendizaje significativo, contextualizado y actualizado. En este sentido, indagaciones realizadas por Camarena y Trejo (2009) invitan a vincular los contenidos de los programas con aprendizajes en el contexto de la profesión a la que se está formando. En nuestra propuesta estamos planteando un problema de la industria química que se analizará con una herramienta, también vinculada al ámbito laboral, que hace uso del método científico.

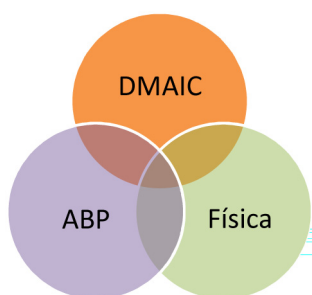


Figura 2. Sinergia metodológica y la Física.

Fuente: Elaboración propia a partir de la sinergia metodológica

En este mismo orden de ideas, Rendón, Esteban y Villa (2016) señalan que expusieron a un grupo de alumnos a una situación problemática (en el contexto de la profesión que estudian) porque tuvieron que descubrir cuál era la mejor opción para hacer un empaque óptimo. La metodología que utilizaron estos docentes fue el aprendizaje situado, la cual permite el desarrollo de estas habilidades blandas. De lo anterior se coincide con estos profesores en que sólo sometiendo a los estudiantes a estas situaciones que realmente representan un reto cognitivo se lograrán desarrollar habilidades de orden superior, como toma de decisiones.

Ahora bien, esta propuesta se considera en la categoría, de acuerdo con Camilloni (2007, p. 24), *una didáctica específica según las edades de los alumnos*: de jóvenes adultos. El rango de edades más recurrente en el primer semestre es de 17 a 20 años, por lo que se considera que los alumnos tienen expectativas de aprendizaje más retadoras y estimulantes —algunos—. Por tal motivo se deben diseñar aquellas intervenciones educativas tomando en cuenta que se está formando a un futuro profesionalista, y

conocer y aplicar este tipo de herramientas (DMAIC) es un valor agregado en su formación académico-profesional.

Asimismo se considera, de acuerdo con Camilloni (2007, p. 24), *una didáctica específica de la Física*, puesto que el problema que se les presenta está extraído de la industria química y la propuesta de solución está en el marco de la dinámica de fluidos (parte de la Mecánica Clásica).

Desde nuestro entender, debemos partir del reconocimiento de la arraigada creencia sobre que explicar o recitar algo no es una garantía de que nuestros estudiantes aprenden. Es ineludible romper con la inercia de afirmar que para instruir a los estudiantes en una determinada disciplina basta con conocerla y de nuestro conocimiento sobre ésta emana lo necesario para enseñarla de forma competente, afirma González (2010).

Consideramos que nuestra propuesta de didáctica específica de la Física tiene elementos que tienden al desarrollo de habilidades que se requieren en el ámbito laboral (véase tabla 1).

Nos dimos a la tarea de indagar aspectos relacionados a la didáctica del método científico con nuestros colegas de academia, profesores con vasta experiencia en la

Tabla 1. Comparativo de ABP + DMAIC con la clase transmisión-recepción.

Clase transmisión-recepción	ABP + DMAIC
Se promueve al trabajo colaborativo, con algunas actividades	Con la metodología ABP es imperativo trabajar en equipo
Si el profesor diseña secuencias didácticas que impliquen investigación, se desarrolla la habilidad de indagación	Se desarrolla la habilidad de investigar, ya que deben indagar cada duda que surja producto del problema y de las etapas de DMAIC, aunque esto no implica abandono de las funciones docentes, porque el profesor debe acompañar el proceso de implementación de ABP + DMAIC
Si el profesor propone espacios para refutar ideas, también se puede desarrollar esta habilidad	Se promueve la discusión entre pares, el debate de ideas. Se introduce al pensamiento crítico
Las actividades de aprendizaje que se proponen en su mayoría son del tipo repetición-recepción	Se promueve la creatividad, porque deben proponer soluciones asequibles y coherentes
El tipo de actividades y ejercicios que se promueven en los programas de estudio y la bibliografía de consulta son de respuesta cerrada, es decir, no implica que el alumno tome una decisión	Se promueve la toma de decisiones, se debe elegir la mejor solución a la problemática planteada
Si el profesor considera las problemáticas propias de la profesión que forma, podría contextualizar el aprendizaje de algún tópico	Se contextualiza el aprendizaje
Rara vez se conoce que el profesor haga investigación de campo para integrarlo a sus clases	Se promueve el uso de herramientas que utilizan las empresas para analizar problemas de forma disímil a como sugieren los libros de Física

Fuente: Elaboración propia.

didáctica de la Física. La Academia de Física de la ESQIE la integran 41 profesores, de los cuales el 36% accedió a participar, a través de pregunta directa vía Presidencia de Academia, que a su vez compartió las respuestas de los profesores con la autora de este trabajo. De sus aportaciones sobresale lo siguiente:

- El 80% de los profesores que participaron consideró que el tema, método científico, es relevante tanto para la Física como para otras disciplinas.
- Ninguno de los profesores que participaron utiliza metodologías de aprendizaje activo para el aprendizaje del método científico.
- El 60% utiliza evidencias de aprendizaje centradas en la memoria, reconocimiento de los pasos, controles de lectura, tormenta de ideas y evidencias de tipo de corte investigativo.
- El 20% de los participantes considera que el tópico del método científico debería quitarse del programa.
- Otro 20% enfatizó en la relevancia del método científico como pilar de la formación científica e ingenieril, pero no describió el tipo de actividades de aprendizaje que utiliza para el abordaje del tema.

Lo anterior advierte y corrobora lo que se ha reportado en otras indagaciones: los profesores consideran un hecho que el aprendizaje del método científico está implícito en la realización de las prácticas de laboratorio; tal como señalan Mellado y Carracedo (1993): “los procesos los aprendían en el laboratorio aplicando el método científico, mientras que los productos (los hechos y teorías) los aprendían en el aula a través del libro de texto y de la explicación del profesor”. De esta indagación también se reporta la creencia de que, si el profesor explica algo, eso es un decreto de aprendizaje.

## DESARROLLO

Fase 0. Sensibilizar a los estudiantes sobre lo que van a realizar, explicar para qué y por qué

Se debe abordar el tema método científico con esta sinergia metodológica. Se considera conveniente también hacer mención de lo que proponen algunos autores sobre el desarrollo de competencias laborales, para aspirar a tener una formación integral y alineada a lo que requiere el sector laboral (Singer, Guzmán y Donoso 2009; Matus y Gutiérrez, 2015).

Fase 1. Diagnóstico del conocimiento del método científico con el alumnado.

Como se mencionó, se aplicó un instrumento de elaboración propia basado en el libro *Introducción al método científico*, de Gutiérrez (2006), dicho instrumento se denomina “Cuestionario sobre conocimiento del método científico (CCMC)” (ver el apéndice 2).

### Fase 2. Revisión de los resultados arrojados por el instrumento.

De los resultados que arrojó el instrumento sobresale que el 80% del grupo reprobó, es decir, no pudieron identificar a cabalidad el método científico. Por lo que surgió la interrogante: ¿La estrategia que propone la planeación didáctica es efectiva? De lo anterior surge la inquietud de diseñar una secuencia didáctica basada en la metodología ABP (Aprendizaje Basado en Problemas). A los alumnos se les presenta un problema abierto, el cual deberán resolver con la herramienta DMAIC, que en una de sus etapas requiere del método científico.

Es conveniente mencionar que la planeación didáctica del programa de Mecánica Clásica señala que este tema debe ser revisado, sin embargo, en las sugerencias de evidencias de aprendizaje se limita a la elaboración de un ensayo, que en el mejor de los casos, retroalimentará al profesor. Sin embargo, esa evidencia, ¿garantiza que el alumno comprendió el método científico? Al profesor, ¿le interesa que su alumno comprenda los alcances del método científico? Y en este contexto es que debería surgirnos la inquietud, como señala Camilloni (2007, p. 48): ¿Hay saberes más profundos y otros más superficiales? Y esto se puede extrapolar a la creencia –equivoca, por cierto– de que el método científico es útil sólo en los laboratorios. Por lo anterior, algunos docentes señalan que no hay necesidad de profundizar o lo abordan de forma superficial –si es que se aborda–.

### Fase 3. Aprender a realizar hipótesis y plantear preguntas.

Porque estamos de acuerdo con la perspectiva de Guisasola, Ceberio y Zubimendi (2016), este es un paso crucial durante el proceso de indagación científica que pretenda resolver o analizar un fenómeno o problema: debe contener la declaración de la hipótesis.

Así, mediante el siguiente problema contextualizado (elaborado por la autora de este trabajo):

El gerente de ventas de una fábrica productora de hipoclorito de sodio (CloroTec) se percató de que las ventas disminuyen en invierno en un 30%, constituyendo pérdidas del orden de \$2,500,000 aproximadamente. Y quiere saber por qué, para hacer una mejor planeación de la producción y diseñar estrategias para mejorar las ventas. Sus indagaciones preliminares lo llevan a creer que es el decremento de la temperatura debido a la estacionalidad, lo que podría estar afectando sus ventas. Aunque también se debería considerar que su competencia directa ha renovado su proceso productivo con tecnología de punta (incluyendo el área de llenado), permitiéndoles tener tiempos de entrega más cortos que CloroTec. En la etapa de almacenamiento y llenado de CloroTec, cuentan con dos tanques con capacidad de  $19 \text{ m}^3 \text{ c/u}$ ; éstos tienen un orificio para despacho con un diámetro de 15 cm. El área de llenado cuenta con tres operadores en cada turno.

Se les solicitó a los estudiantes realizar las siguientes asignaciones:

- Actividad 1. Elaborar una hipótesis general y otra hipótesis comprobable.
  - Actividad 2. Elaborar tres preguntas sobre el problema planteado.
-




La fase 3 fue ineludible debido a los hallazgos de la fase 1. Esta fase resultó relevante, porque comprobó lo que habíamos observado en nuestros grupos –antes de realizar esta intervención a través de la didáctica específica–: los alumnos no saben plantear hipótesis. Lo anterior lo basamos en lo que arrojó la actividad 1, sólo el 10% recordaba la definición de hipótesis, pero, de este pequeño porcentaje, sólo la mitad planteó una hipótesis correcta. El 50% planteó un juicio; el otro 40% no estableció ninguna propuesta, argumentando desconocimiento. Respecto a la actividad 2, también dio cuenta de la falta de creatividad en los estudiantes, ya que el 70% realizó preguntas donde la respuesta era un trivial “sí” o “no”, e incluso cuestionan la relevancia de generar preguntas sobre la situación presentada.

**FUNDAMENTOS DEL RAZONAMIENTO**      **INDUCCIÓN LÓGICA Y FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

Las hipótesis son supuestos a comprobar. Para resolver este ejercicio, observa estas figuras. Identifica visualmente diferencias y semejanzas. Escribe en los espacios correspondientes las características esenciales comunes a todas. Verifica que lo que supones se da en todas ellas.

Estos tres dibujos se llaman imaginariamente **anobas**.



**Características esenciales**  
(Son comunes a todos los miembros de una clase).

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

Comprueba que todas las **anobas** tienen todas las características esenciales.

Dibuja dos nuevas **anobas** lo más originales que puedas.

47

Figura 3. Ejercicio para estructurar el concepto de hipótesis.

Fuente: Yuste, Ruiz y Errisúriz, 2014.

Lo anterior fue desalentador. Ahora surge otro inconveniente: ¿cómo proporcionar herramientas que permitan la correcta formulación de hipótesis? Consideramos que era conveniente, en lugar de desacreditar los intentos de nuestros estudiantes para realizar una hipótesis, primeramente, debíamos apoyarlos a estructurar ese concepto (véase figura 3), así que utilizamos un ejercicio que sugieren Yuste, Ruiz y Errisúriz (2014, p. 47), el cual, además de ser no-convencional, permite considerar que las hipótesis provienen del proceso de relacionar dos variables, y cuyo propósito es: demostrar o rechazar ese postulado temporal establecido para intentar solucionar un problema o explicar un determinado fenómeno.

Este ejercicio, si bien es elemental, se considera provechoso, ya que implica observación y análisis para lograr plantear hipótesis.

#### Fase 4. Aplicación de la sinergia metodológica (ABP y DMAIC).

A los alumnos se les proporcionó un problema de la industria química, se les solicitó que lo leyeran de forma individual y que aplicaran DMAIC de forma individual. Después se les solicitó que formaran equipos de cuatro a cinco integrantes, y aplicaron la metodología ABP.

A este mismo grupo se le aplicó un instrumento CCMC para medir su conocimiento sobre el método científico.

#### Fase 5. Análisis de los productos de aprendizaje.

Dada la naturaleza de prueba y tiempos para cubrir los contenidos y realizar la actividad, decidimos utilizar una lista de cotejo (véase tabla 2) para evaluar los productos de aprendizaje utilizando estas dos metodologías, porque consideramos que la realización de una actividad de aprendizaje y su evaluación es crucial para el cumplimiento del objetivo de esta propuesta.

Para integrar la nota se suman ambas categorías, dando un total de 10 puntos.

Las indicaciones del producto de aprendizaje fueron las siguientes:

Las características mínimas que debe incluir el reporte son:

- a) Portada. Incluye escudos de la escuela, datos (ejemplo: IPN, ESIQIE, Academia de Física), el título del reporte (propuesta de solución APB-DMAIC), el nombre de los autores (cuatro máximo), el nombre de la actividad, el nombre del profesor y la fecha en que se presenta el reporte. De los requisitos de presentación, se realizará el reporte en un archivo en PDF, con el nombre “ABP+DMAIC”. Los márgenes predeterminados normal, con interlineado sencillo, se utilizará letra Calibri en tamaño de 12 puntos.
  - b) Resumen. Constituye el contenido esencial del reporte técnico, como: objetivo, breve marco conceptual del problema a abordar (100-150 palabras máximo).
  - c) Resultados. Describir cada uno de los pasos de DMAIC, tomando como base el siguiente problema previamente planteado:
-

Tabla 2. Lista de cotejo para evaluación.

Categoría	Indicador de desempeño	Valor	Cumple	
			Sí	No
Aplica la metodología DMAIC	Define el problema ( <i>Definir</i> )	1		
	Cuantifica el problema ( <i>Medir</i> )	1		
	Escribe todos los pasos del método científico ( <i>Análisis</i> )	1		
	a) Observación			
	b) Planteamiento del problema			
	c) Formulación de la hipótesis			
	d) Comprobación de la hipótesis			
	e) Establecimiento de leyes, teorías, etc.			
	Escribe las mejoras ( <i>Mejorar</i> ) (al menos 3)	1		
	Escribe cómo controlar el problema ( <i>Controlar</i> )	1		
Total		5		
Aplica la metodología ABP	Clarificación de conceptos	NA		
	Definición del problema	1		
	Análisis del problema/lluvia de ideas	0.5		
	Inventario sistemático/clasificación	0.5		
	Formulación de objetivos de aprendizaje	NA		
	Este apartado lo realiza el profesor			
	Auto estudio, investigación	NA		
Reporte	3			
Total		5		

Fuente: Elaboración propia.

El gerente de ventas de una fábrica productora de hipoclorito de sodio (CloroTec) se percata de que las ventas disminuyen en invierno en un 30%, constituyendo pérdidas del orden de \$2,500,000 aproximadamente. Y quiere saber por qué, para hacer una mejor planeación de la producción y diseñar estrategias para mejorar las ventas. Sus indagaciones preliminares lo llevan a creer que es el decremento de la temperatura debido a la estacionalidad, lo que podría estar afectando sus ventas. Aunque también se debería considerar que su competencia directa ha renovado su proceso productivo con tecnología de punta (incluyendo el área de llenado), permitiéndoles tener tiempos de entrega más cortos que CloroTec. En la etapa de almacenamiento y llenado de CloroTec, cuentan con dos tanques con capacidad de 19 m<sup>3</sup> c/u; éstos tienen un orificio para despacho con un diámetro de 15 cm. El área de llenado cuenta con tres operadores en cada turno.

- *Define*:
- *Measure*:
- *Analysis*: siguiendo los pasos del método científico.
  1. Observación del fenómeno.
  2. Planteamiento del problema.
  3. Desarrollo de la hipótesis (plantear al menos dos).

4. Probando la hipótesis.
  5. Estableciendo teoría.
- *Improve*:
  - *Control*: se centrará en *medición* de resultados, y *motivación* hacia los implicados.
- d) Conclusiones individuales. Describir el aprendizaje personal y académico que le dejó la realización de esta actividad, reflexión sobre la relevancia de la dinámica de fluidos, de la utilización de DMAIC para analizar el problema, ¿cuál es su opinión sobre la metodología utilizada? (100-120 palabras máximo).
- e) Bibliografía de consulta (formato APA 6a. edición).

Respecto a la utilización de otras metodologías, se concuerda con lo que plantea la Vicerrectoría Académica del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM, s.f.) acerca de qué ABP es una propuesta educativa que se enfoca en el análisis, reflexión y aprendizaje que tiene como fuente un problema. También es resaltable que es una metodología que produce el aprendizaje autónomo y entrena a los estudiantes para los problemas venideros y reales. El objetivo se centra en hacer lo más cercano a un ejercicio profesional (ITESM, s.f.) (véase figura 4).

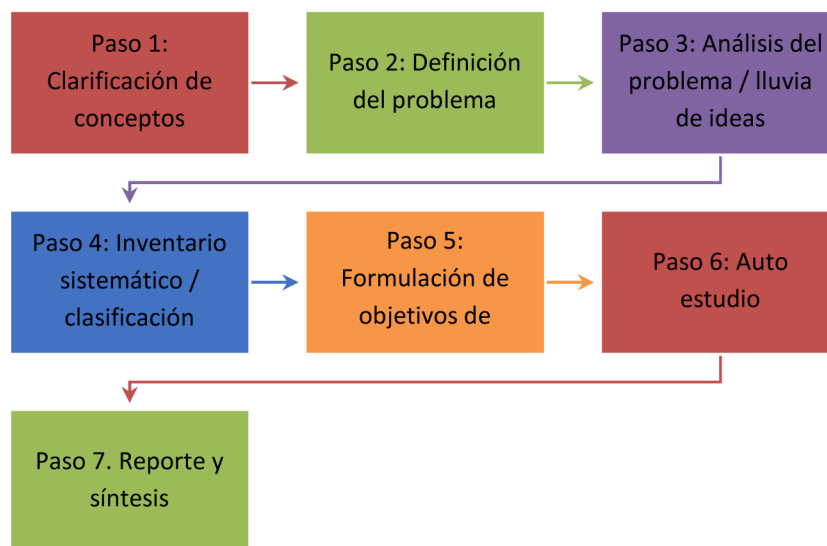


Figura 4. Sinopsis de los pasos de ABP.

Fuente: Elaboración propia basada en los descriptores de ABP.

Respecto a la caracterización de nuestra propuesta didáctica específica (método científico en la Física), se puede resumir en los siguientes puntos:

- a) Está contextualizada (utiliza un problema de la industria química).
- b) Es apropiada para el nivel educativo en el que se implementa.
- c) Está basada en una metodología de resultados probados y una herramienta utilizada a nivel empresarial apropiada para el abordaje y solución de problemas. Además está alineada con lo señalado por Scott (2015), los estudiantes

deben tener capacidad para utilizar aquellas metodologías y herramientas de forma eficiente que les permitan resolver cualquier dificultad.

- d) Yace en el aprendizaje activo y el papel del profesor está lejos de transmitir información, como lo sugiere el Eje Fundamental 1 de la Actualización del Programa de Desarrollo Institucional del IPN (2015-2018), que insta a la integración de experiencias educativas reales y orientada al área de formación de la profesión que se instruye (IPN, 2018, p. 34).
- e) Se vincula la praxis con la teoría.
- f) Se estimulan la creatividad y la resolución de problemas complejos, habilidades que demanda el siglo XXI.
- g) Permite al docente una actualización vivencial, porque también tiene que aprender de las metodologías que se utilizan en las empresas.
- h) Se observa interés por parte de los alumnos e incluso un pequeño porcentaje (10%) sugirió que deberían integrarse más actividades de aprendizaje de este tipo.

#### *Resultados de la implementación de la didáctica específica.*

Se obtuvieron los siguientes resultados producto de la aplicación de un instrumento enfocado en las cinco etapas del método científico y de la lista de cotejo para la valoración de la evidencia de aprendizaje (reporte técnico):

- a) Para realizar la estadística se consideró sólo a los 26 alumnos que realizaron el test en los momentos *pre* y *post*, de los cuales fueron 10 mujeres y 16 hombres. Antes de la didáctica específica (momento *pre*) lo aprobaron 8 alumnos y lo reprobaron 18 alumnos, por lo que el 30.77% de los alumnos aprobó. Después de la didáctica específica (momento *post*), el test lo aprobaron 16 alumnos y reprobaron 10 alumnos, lo que corresponde al 61.54% de alumnos aprobados. Al comparar ambos resultados se observa un incremento del 50% en el índice de alumnos aprobados en la propuesta de didáctica específica.
- b) Las calificaciones máximas y mínimas fueron: momento *pre* 7 y 2, respectivamente; momento *post* 10 y 3, respectivamente.
- c) Respecto a los instrumentos de evaluación para revisar sus productos de aprendizaje –un reporte técnico con apartados especificados tales como: evidenciar cada una de las etapas que enmarca ABP y describir los pasos que implica DMAIC–, se encontró lo siguiente:
  - Al inicio los alumnos suelen presentar dificultad para identificar el problema central. Tienden a desviarse de éste, proponiendo como problema situaciones que son consecuencias del verdadero problema (disminución de ventas en la época invernal y tecnología obsoleta).
  - Otro paso que continúa siendo complicado es la formulación de la hipótesis, por lo que se les asignó otra tarea adicional para robustecer sus supuestos. La actividad consistió en indagar los tipos de hipótesis, definiciones, características, y ejemplificar cada una.

- Los últimos dos pasos que demarca DMAIC –manifestaron los alumnos– también les demandaron mucho esfuerzo, porque tuvieron que proponer estrategias, indagar y evaluar la factibilidad de éstas; es decir, integraron la creatividad y toma de decisiones.
- Se formaron nueve equipos, de los cuales 22% obtuvo una nota en el rango de 8.5-9. El 68% obtuvo notas entre 8-6.5, y el resto obtuvieron notas pobres, por debajo de 4. De este último grupo se detectó que sólo copiaron y pegaron, incluso uno de los equipos entregó un archivo con un documento únicamente con la hoja de presentación.

## CONCLUSIONES

Se observó interés por la realización de la actividad durante todo el proceso. Se considera que se debió al acompañamiento ofrecido, pero también a la previa explicación y justificación sobre lo relevante del tema en la formación de ingenieros y su relación con el entorno laboral. Como nos percatamos, el mismo interés no se ve reflejado en los productos de aprendizaje. Se considera que se debe a la realización de reportes técnicos, los cuales implican escritura y resultan ser demandantes a nivel cognitivo para nuestros estudiantes. Se considera pertinente proporcionarles una plantilla para que la redacción del informe tenga una guía.

Se considera que, análogo a lo que se ha realizado en otras pesquisas relacionadas con la contextualización del aprendizaje, se debe incluir la intervención de los expertos, como destacan Rendón *et al.* (2016), de tal suerte que cada actividad diseñada cumpla con los objetivos didácticos planteados, pero también que sean actividades útiles y significativas para la profesión que se está instruyendo.

Las próximas generaciones de egresados para el siglo XXI demandan habilidades que con la clase magistral no se están desarrollando; la incorporación de herramientas que se utilizan a nivel empresarial en la formación académica es un valor agregado para los estudiantes.

Finalmente, no hay evidencia basada en estadística inferencial que afirme que esta propuesta de didáctica específica sea efectiva, sin embargo, se debe ser cauteloso con esta afirmación, la reproducibilidad permitirá que se puedan hacer adaptaciones, encontrando áreas de mejora y perfeccionando esta sinergia metodológica; por lo pronto se destaca que es una propuesta innovadora, y eso nuestros estudiantes lo aprecian y, como docente, se disfruta siendo disruptivo.

## Referencias

- Bauer, W., y Westfall, G. (2014). *Física para ingeniería y ciencias*. México: McGraw-Hill.
- Camarena, P., y Trejo, E. (2009). Problemas contextualizados: una estrategia didáctica para aprender matemáticas. En Lestón, P. (ed.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* (pp. 831-840). México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa A. C.
- Camilloni, A. (2007). Didáctica general y didácticas específicas. En A. Camilloni, *El saber didáctico* (pp. 23-39). Buenos Aires: Paidós.
-

- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- IPN [Instituto Politécnico Nacional] (2018). *Actualización Programa de Desarrollo Institucional 2015-2018*. México: IPN. Recuperado de: <http://www.gestionestrategica.ipn.mx/Planeacion/Documents/ActPDI1518.pdf>.
- González, I. (2010). Prospectiva de las didácticas específicas, una rama de las ciencias de la educación para la eficacia en el aula. *Perspectiva Educacional, Formación de Profesores*, 49(1), 1-31.
- Guisasola, J., Ceberio, M., y Zubimendi, J. L. (2016). El papel científico de las hipótesis y los razonamientos de los estudiantes universitarios en resolución de problemas de Física. *Investigações em Ensino de Ciências*, 8(3), 211-229.
- Gutiérrez, R. (2006). *Introducción al método científico*. México: Editorial Esfinge.
- Matus, O., y Gutiérrez, A. (2015). Habilidades blandas: una ventaja competitiva en la formación tecnológica. *GINT Journal of Industrial Neo-Technologies*, 2(1), 32-40. Recuperado de: [https://www.jint.usach.cl/sites/jint/files/art\\_9\\_print\\_v2n1jint006-15\\_v3.0\\_0.pdf](https://www.jint.usach.cl/sites/jint/files/art_9_print_v2n1jint006-15_v3.0_0.pdf).
- Mellado, V., y Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 11(3), 331-339.
- Ocampo, J., y Pavón, A. (2012). Integrando la metodología DMAIC de Seis Sigma con la simulación de eventos discretos en Flexsim. En *Proceeding of the 10 Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology* [Paper No. 147].
- OECD [Organization for Economic Co-operation and Development] (2019). *Higher education in Mexico: Labour market relevance and outcomes*. París: OECD Publishing. Recuperado de: <https://doi.org/10.1787/26169177> (consulta: 25 jul. 2019).
- Rendón, P., Esteban, P., y Villa, J. (2016). Articulación entre la matemática y el campo de acción de un futuro ingeniero de diseño de producto. Componentes de un proceso de modelación matemática. *Revista de la Facultad de Ingeniería UCV*, 31(2), 21-36.
- Sanmartí, N., Cañal, P., Aleixandre, M., Couso, D., Pintó, R., Ametller, J., y De Pro, A. (2011). *Didáctica de la física y la química* (vol. 2). Ministerio de Educación.
- Scott, C. (2015). El futuro del aprendizaje 2. ¿Qué tipo de aprendizaje se necesita en el siglo XXI? *Investigación y Prospectiva en Educación* [Documentos de Trabajo ERF, No. 14]. París: UNESCO.
- Serrano, J. (1990). *Filosofía de la ciencia*. México: Trillas.
- Serway, R., y Jewett, J. (2008). *Física para ciencias e ingeniería* (vol. I). Cengage Learning.
- Singer, M., Guzmán, R., y Donoso, P. (2009). *Entrenando competencias blandas en jóvenes*. Escuela de Administración Pontificia Universidad Católica de Chile.
- SixSigma (s.f.). *SixSigma*. Recuperado de: <https://www.sixsigmaespanol.com> (consulta: 26 ene. 2018).
- Tipler, P., y Mosca, G. (2008). *Physics for scientists and engineers*. Nueva York: W.H. Freeman and Company.
- ITESM [Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey] (s.f.). *El aprendizaje basado en problemas como técnica didáctica*. Recuperado de: [http://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas\\_didacticas/abp/abp.pdf](http://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/abp/abp.pdf) (consulta: 31 ene. 2019).
- Yuste, C., Ruiz, L., y Errisúriz, M. (2014). *Pienso 4. Programa integral de estimulación de la inteligencia*. México: Trillas.

## APÉNDICE 2. CUESTIONARIO SOBRE CONOCIMIENTO DEL MÉTODO CIENTÍFICO (CCMC)



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS  
DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN BÁSICA  
ACADEMIA DE FÍSICA



Nombre: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_

Test Método científico. Preguntas extraídas del libro Introducción al Método Científico de Raúl Gutiérrez Sáenz.

Instrucciones, lee cada sentencia y responde en la hoja de respuestas, aquella que consideres correcta. Tiempo 20 min

1. Ordena de forma creciente (1 al 5) los pasos del método científico.
  - ( 4 ) Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.
  - ( 5 ) Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.
  - ( 1 ) Observación del fenómeno.
  - ( 3 ) Formulación de la hipótesis.
  - ( 2 ) Planteamiento del problema.
2. En esta etapa del método científico el hombre colecciona información, registra datos de un acontecimiento y asume una actitud de admiración ante un acontecimiento real.
  - a) Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.
  - b) Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.
  - c) Planteamiento del problema.
  - d) **Observación del fenómeno.**
  - e) Formulación de la hipótesis.
3. Es toda percepción refinada de uno o más hechos, con la intención de integrar un fenómeno determinado.
  - a) Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.
  - b) Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.
  - c) Planteamiento del problema.
  - d) **Observación del fenómeno.**
  - e) Formulación de la hipótesis.
4. Debido a la gravedad, todos los cuerpos caen con una aceleración constante de  $9.81 \text{ m/s}^2$ .
  - a) Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.
  - b) **Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.**
  - c) Planteamiento del problema.
  - d) Observación del fenómeno.
  - e) Formulación de la hipótesis.
5. Si se aumenta la temperatura, aumenta el volumen de un gas:
  - a) Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.
  - b) Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.
  - c) Planteamiento del problema.
  - d) Observación del fenómeno.
  - e) **Formulación de la hipótesis.**
6. Del experimento, Barómetro de Torricelli, se tiene que: "a mayor altura sobre el nivel del mar, menor presión atmosférica, y por lo tanto, menor altura en la columna de mercurio del barómetro:
  - a) Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.
  - b) Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.
  - c) Planteamiento del problema.
  - d) Observación del fenómeno.
  - e) **Formulación de la hipótesis**
7. ¿Cómo se conecta el fenómeno A con el fenómeno B?
  - a) Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.
  - b) Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.
  - c) **Planteamiento del problema.**
  - d) Observación del fenómeno.
  - e) Formulación de la hipótesis
8. Cuando se lleva un barómetro a Acapulco (nivel del mar) y se registra la altura del mercurio y se registran las sucesivas marcas del mercurio conforme se gana altura:
  - a) **Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.**
  - b) Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.
  - c) Planteamiento del problema.
  - d) Observación del fenómeno.
  - e) Formulación de la hipótesis
9. Significa aportar evidencias acerca de la veracidad de la hipótesis, es decir, corroborar su adecuación con la realidad que pretende explicar.
  - a) **Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.**
  - b) Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.
  - c) Planteamiento del problema.
  - d) Observación del fenómeno.
  - e) Formulación de la hipótesis
10. Cuando una hipótesis se ha comprobado, el resultado que se obtiene es una relación constante entre dos hechos o fenómenos:
  - a) Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.
  - b) **Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.**
  - c) Planteamiento del problema.
  - d) Observación del fenómeno.
  - e) Formulación de la hipótesis



# La modelación con tecnología en la enseñanza de la Física en el nivel medio superior

GUILLERMINA ÁVILA GARCÍA

Instituto Politécnico Nacional – CECYT 11 (México)

LILIANA SUÁREZ TÉLLEZ

Instituto Politécnico Nacional – DFIE (México)

## Resumen

El tratamiento didáctico de la modelación matemática con tecnología abre una área de oportunidad para innovar en las clases de Física del nivel medio superior. El objetivo de este capítulo es analizar el potencial de introducir la modelación-graficación, como proponen Pantoja, Ulloa y Nesterova (2013) y Molina-Toro, Villa-Ochoa y Suárez (2018), desde un entorno cotidiano (Villa-Ochoa, Bustamante, Berrio, Osorio y Ocampo, 2009), discutiendo el papel de la tecnología en la enseñanza de la Física. La investigación incluye el diseño de tres situaciones de aprendizaje con el uso de Tracker, que genera gráficas cartesianas de movimientos grabados en formato de video de movimientos en el plano. Con el marco de niveles de comprensión de Biggs (2010) se observa una evolución hacia una comprensión profunda en los estudiantes. Este estudio contribuye a la discusión de las relaciones que existen entre las didácticas de la Matemática y la Física, en este caso conjuntando las representaciones gráficas y la tecnología.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es evidenciar la modelación matemática, donde se permite visualizar y comprender fenómenos físicos estudiados en el área de la Física definida como ciencia experimental.

La Física se define como la ciencia que trata del comportamiento y la comprensión de la materia y de sus interacciones en el nivel más fundamental (Gutiérrez, 2009), una de las ramas de estudio es la mecánica clásica, entre lo que se puede estudiar el movimiento.

En palabras de Serway, Jewett, Hernández y López (2002), a partir de la experiencia cotidiana es claro que el movimiento de un objeto representa un cambio continuo en la posición del mismo; para el estudio del movimiento se usa el modelo de partícula y el objeto en movimiento se describe como una partícula sin importar el tamaño. Es importante resaltar el uso de los modelos en la Física, partiendo de la construcción que tome en cuenta todos los aspectos y fenómenos detectados.

La importancia de usar modelos reside en la utilización por parte de la ciencia de todo tipo para representar fenómenos de muy distinta naturaleza, en un intento por descubrir y comprender desde un punto de vista racional las regularidades con las que se nos presenta el mundo. De acuerdo con Vélez (2006), los modelos son hoy en día una herramienta fundamental de análisis, descripción y predicción de que la ciencia dispone para llevar a cabo la sistematización, control y comprensión de los aspectos más relevantes de la realidad física y social.

El estudio de los problemas del mundo real ha sido fuente de inspiración para que muchos matemáticos construyan nuevas teorías y modelos que expliquen y solucionen problemas de un fragmento de esa realidad. Adicionalmente, algunos investigadores en educación matemática destinan parte de sus esfuerzos hacia el estudio de dicha realidad, sus vínculos con el conocimiento matemático y su aprovechamiento como recurso en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Algunos otros investigadores sugieren que parte de los resultados en este campo de investigación formen parte del llamado *conocimiento del profesor* de Matemáticas (Doerr, 2007, citado en Villa-Ochoa *et al.*, 2009).

La inclusión de la modelación como un proceso en la clase de Matemáticas y la formación de los profesores constituye una necesidad para incorporar y generar un mayor número de investigaciones en la modelación de las matemáticas, y una forma de llevarlo a cabo es a través de las sesiones del Seminario Repensar las Matemáticas (SRM), que a partir de los referentes de investigadores expertos en el área y a través del diálogo logra conjuntar ideas que posteriormente se llevan a la práctica docente en las aulas, que es el principal objetivo de estos seminarios.

Este trabajo enfatiza la experiencia de aprendizaje de profesores en activo y a través de la modelación matemática integra el estudio de fenómenos físicos en la enseñanza de la física, considerando a éste el objeto de estudio, las herramientas ma-

---

temáticas y tecnológicas que pretende utilizar para resolver el problema presentado. Abordamos la propuesta de un caso particular de Física I, con el tema de Cinemática, en la primicia de la modelación matemática para el estudio de los movimientos en el plano.

## PROBLEMATIZACIÓN DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA CON TECNOLOGÍA

En el Instituto Politécnico Nacional hay una reflexión de profesores de bachillerato sobre que, para ejercer la docencia, su formación profesional debe complementarse para adquirir las competencias para organizar el aprendizaje de sus estudiantes y cumplir con los ambiciosos objetivos de aprendizaje que establecen los planes y programas de estudio en las instituciones de educación superior. La oferta de formación de un profesor en ejercicio es variada y flexible, pueden ser cursos o talleres con propósito específicos, estudios de posgrado en educación cuyas trayectorias incluyen la formación en investigación educativa y la participación en redes y proyectos.

Como producto de su paso por esta maestría una de las autoras realizó un estudio sobre el aprendizaje profundo que se puede generar en los alumnos de Física aplicando tecnologías de la información y comunicación (Ávila, 2017), que es uno de los antecedentes del trabajo que presentamos en este capítulo.

La comprensión de los conceptos de la Física requiere de un manejo adecuado de distintos registros y representaciones donde entran en juego procesos analíticos, verbales, pictóricos y de construcción gráfica. Asimismo, una mayor comprensión y un mejor manejo de las matemáticas y de las representaciones conceptuales y gráficas es fundamental si se requiere lograr una comprensión de los conceptos de la Física de la forma en la que se propone en los criterios.

Proponer la modelación usando la herramienta Tracker para el tema de Cinemática implica el estudio de movimientos en el plano, y el aprendizaje significativo en los alumnos de nivel medio superior fue el punto de partida para introducirla en la temática de la modelación. El tema está dentro del plan y programa de estudios del CECyT 11, donde la problemática reside en relacionar la teoría, la experimentación y la tecnología para un aprendizaje significativo en los alumnos de nivel medio superior, utilizando la modelación de fenómenos físicos.

## FUNDAMENTACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA DIDÁCTICA ESPECÍFICA

En este apartado hablaremos de la didáctica específica orientada hacia las disciplinas, particularmente de la didáctica de la Matemática y de la Física. La didáctica específica, por ejemplo, en la enseñanza de una disciplina particular, permite identificar problemas que se revelan muy esclarecedores en la enseñanza de otras disciplinas.

Esta experiencia sirvió como rasgo general de la modelación de problemas de aprendizaje en la enseñanza de la Física, tomando en cuenta la implementación detallada de la secuencia didáctica.

---

El espacio de construcción de la didáctica de la Física es multifacético y se sostiene como el *cruce* (punto de encuentro) y como *punto* (vínculo) entre diferentes campos epistemológicos. Se distinguen varios cruces-puentes en el caso de la formación docente del profesorado (Klein, 2012, p. 21):

- Interacción física-educación: ambas ciencias aportan elementos teóricos y metodológicos para comprender la realidad. En el caso de la didáctica de la Física esto supone conflictos ya que los sustentos, normalidad, formas de análisis y justificación son muchas veces antagónicos, correspondiendo cada uno de ellos a prototipos de ciencias naturales y humanas.
- Interacción teoría-práctica: es otra dimensión para considerar. Durante mucho tiempo se consideró a la didáctica como una actividad relacionada casi exclusivamente a la práctica, de allí el peso relativo en la formación del futuro profesor. Las investigaciones demuestran que la Didáctica de la Física (DF) no puede desconocer la teoría, como es el caso de las micro-concepciones, resolución de problemas y efectos de los contextos de aprendizaje.
- Interacción enseñanza-investigación: la enseñanza parece la función específica de cualquier didáctica, y más ubicada dentro de una institución formada por docentes. Cómo educar, quién educa, qué enseña y a quién educar parecen dudas y búsquedas constantes de esta disciplina. La visión de un conocimiento en continua construcción sustentado en una actitud crítica y transformadora supone la necesidad de la investigación, recibiendo aportes de otras ramas del conocimiento, pero también investigación propia.

Este conjunto de interacciones permite distintas “enseñanzas de la Física”, y por lo tanto distintas didácticas de la Física, considerando un plan flexible y con ello el autoanálisis crítico del docente, así como su formación y actualización permanente que derivan en una enseñanza sin rupturas.

La modelación sólo es considerada como una actividad que le da un sentido de aplicación a los conocimientos adquiridos en los distintos cursos de Matemáticas, enfatizando en “aplicaciones reales”, es decir, un acercamiento a la “realidad” y la “matemática”, y se usan estrategias de enseñanza, por sola introducción de una tecnología para modelar, determinan ciertos ambientes tecnológicos (Suárez, 2014). Y ese sentido de la realidad, más que una componente racional del conocimiento del profesor es una componente subjetiva que metafóricamente actúa como un lente con el cual los profesores observan la realidad objetiva y promueve una (re)significación de tal realidad a través de un proceso de modelación matemática (Villa-Ochoa *et al.*, 2009).

## **REPORTE DE LA EXPERIENCIA DEL USO DE TRACKER PARA INNOVAR LA CLASE DE FÍSICA**

El CECyT 11 cuenta con el área ciencias Físico-Matemáticas. El trabajo se llevó a cabo con un grupo de 15 alumnos de 16 y 17 años que cursan el tercer semestre, primer

---

curso de Física de su educación de bachillerato, en la especialidad de Construcción, en el turno vespertino.

Se consideró el plan y programa de estudios 2008 del IPN para la propuesta educativa:

- Competencia General: resuelve problemas de Estática y Cinemática basándose en leyes y principios de la Física, estableciendo una interrelación entre su entorno, ciencia y tecnología.
- Competencia Particular 4: demuestra el movimiento de los cuerpos aplicando los principios de la cinemática, en situaciones académicas y su entorno social.
- Resultado de Aprendizaje Propuesto 2: soluciona problemas de movimiento en dos dimensiones en situaciones académicas y su entorno social.

El tema que se incluye en la propuesta educativa es Cinemática, y se muestra en el siguiente formato de planeación.

En la tabla 1 se muestra el programa de Física I, que tiene una tendencia con enfoque superficial.

Tabla 1. Extracto de la unidad IV del Programa de Física I.

Programa de Física I			
Enfoque Superficial			
Unidad IV: Cinemática			
<i>Competencia particular:</i> Demuestra el movimiento de los cuerpos aplicando los principios de la cinemática, en situaciones académicas y sociales.			
<i>Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) No 2.</i> Resuelve problemas de movimiento dos dimensiones, en situaciones académicas y su entorno social.			
Contenido de aprendizaje	Actividades sustantivas		Ambiente de aprendizaje
	De aprendizaje	De enseñanza	
Conceptual • Movimiento en un plano. a. Movimiento parabólico (MP) b. Movimiento Circular Uniformemente Variado (MCUV) c. Movimiento Armónico Simple (MAS)	• Conceptualiza y representa el movimiento en dos dimensiones • Identifica elementos que le permitan resolver	• Induce al concepto y características del movimiento en dos dimensiones • Ejemplifica las gráficas características de los diferentes movimientos en dos dimensiones • Ejemplifica el procedimiento para calcular las variables del movimiento en dos dimensiones.	* Aula * Laboratorio * Patio escolar
Procedimental • Movimiento en una dimensión: a. Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU) b. Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV) horizontal y vertical	• Resuelve problemas de movimiento parabólico (MP), movimiento circular uniformemente variado (MCUV) y movimiento armónico simple (MAS)	Plantea problemas de movimiento en dos dimensiones en situaciones académicas y en su entorno	
Prácticas de laboratorio • Caída libre • Tiro vertical • Tiro parabólico • MCU • MCV			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Adecuación de la planeación (2008), con el plan de acción a implementar para un enfoque profundo.

Aprendizaje profundo	Programa de Física I – Plan de acción				
	Enfoque Profundo				
	Unidad IV: Cinemática				
	<i>Objetivo curricular.</i> Reflexionar y demostrar los tipos de movimiento que existen, situando problemas clave y relacionándolos con el entorno cotidiano, considerando la importancia de la modelación de estos movimientos con el uso de software Tracker para la realización de un análisis profundo.				
Alineación de objetivos curriculares, actividades de enseñanza y aprendizaje y tareas de evaluación	Actividades			Evaluación	Ambiente de aprendizaje
Nivel	De enseñanza	De aprendizaje	Con TIC		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Conocimiento declarativo</i>, los alumnos saben qué tipo de movimientos son los que se estudian y la diferencia entre ellos. También hacen declarativo el conocimiento por medio de la expresión de que es movimiento con sus propias palabras y constatando con la teoría, práctica y TIC</li> <li>• <i>Conocimiento funcional</i>, los alumnos experimentan y comparten sus experiencias de los tipos de movimiento durante la actividad de “cohetes hidráulicos”, desarrollando sus destrezas en cada lanzamiento realizado y analizando el por qué sucede tanto físicamente como con el software de Tracker</li> </ul> <p><i>Niveles:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Multiestructural</i>, al final de la unidad los alumnos describen los tipos de movimiento mediante la experimentación y además hace una combinación de los hechos experimentales con el uso de la tecnología</li> <li>• <i>Relacional</i>, durante la experimentación el alumno compara los movimientos experimentados, explica las causas de los movimientos, analiza los movimientos vistos en la experimentación por medio del software Tracker y los relaciona como parte de la conclusión</li> <li>• <i>Abstracto ampliado</i>, adecuado al plan y programa de estudios. Considerando los siguientes verbos: <i>reflexionar</i> y <i>demostrar</i>. Los alumnos demuestran mediante reportes que evidencian su aprendizaje alcanzado, además de contestar de manera correcta y profundizar en sus respuestas del ítem aplicado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentar ejemplos de los diversos tipos de movimiento y la aplicación cotidiana de los mismos.</li> <li>• Compartir videos tutoriales del uso del software Tracker</li> <li>• Ejemplificación del movimiento de un objeto por medio de gráficos, haciendo el comparativo con la solución analítica (algebraica)</li> <li>• Muestra en clase de cómo utilizar el software de Tracker y el gráfico</li> <li>• Resolución del problema propuesto</li> <li>• Indicaciones para llevar a cabo la actividad experimental de “Cohete Hidráulico”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentar ejemplos de los diversos tipos de movimiento y la aplicación cotidiana de los mismos.</li> <li>• Compartir videos tutoriales del uso del software Tracker</li> <li>• Ejemplificación del movimiento de un objeto por medio de gráficos, haciendo el comparativo con la solución analítica (algebraica)</li> <li>• Muestra en clase de cómo utilizar el software de Tracker y el gráfico</li> <li>• Resolución del problema propuesto</li> <li>• Indicaciones para llevar a cabo la actividad experimental de “Cohete Hidráulico”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descarga de software Tracker para llevar a cabo el trabajo de análisis y modelación de los movimientos a estudiar</li> <li>• Uso de celular para grabar la experiencia del cohete hidráulico</li> <li>• Uso de Tracker para analizar el movimiento del cohete hidráulico</li> <li>• Identificación de los movimientos y trayectorias que realizó el cohete hidráulico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación formativa: videos tutoriales para el uso del software Tracker.</li> <li>En esta evaluación los alumnos pueden compartir puntos de vista, sugerencias de cómo utilizar las aplicaciones sugeridas, las variantes que encuentran en la información propuesta por la profesora y las fuentes a las que recurren los alumnos</li> <li>• Evaluación sumativa: se consideran los porcentajes para los siguientes productos: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evaluación continua (experimento en el patio)</li> <li>2. Reporte de actividad</li> <li>3. Análisis de gráficos y tablas</li> <li>4. Video con los análisis y conclusiones</li> <li>5. Ítem aplicado</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aula</li> <li>• Laboratorio</li> <li>• Patio central de la escuela</li> <li>• Espacios virtuales</li> </ul> <p><i>Evidencias</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporte con conclusiones</li> <li>• Video, tabla y gráficos con análisis de datos, en Tracker</li> <li>• Problemas resueltos en papel para la realización del comparativo</li> <li>• Reporte escrito que evidencia los aprendizajes logrados</li> </ul>

Fuente: Recuperado de Ávila (2017).

La tabla 2 muestra la adecuación de la planeación del programa (2008) con el plan de acción que se implementa, orientado hacia un enfoque profundo.

Como se observa en la planeación didáctica, se integra el software Tracker como herramienta tecnológica, que se define como un programa libre para el análisis y modelado de videos que detectan objetos o sujetos en movimiento. El programa permite la generación de datos de posición, velocidad y aceleración, que es lo que se requiere en el estudio de la cinemática.

Con la herramienta se obtiene información partiendo de los videos que generan los estudiantes de los modelos físicos que graban; una vez que se adjunta el video en el software los usuarios pueden generar gráficos, marcos de referencia, puntos de calibración, los modelos de partícula, además de garantizar el análisis cuadro por cuadro del movimiento detectado a partir del video.

### MODELACIÓN PARA SITUACIONES QUE INVOLUCRAN CINEMÁTICA

El plan y programa de estudios (2008) contempla el tema de cinemática con movimientos en el plano (movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, caída libre, tiro parabólico), que se estudia a través de gráficas, destacando las siguientes características de modelos en la educación científica, según Bailer-Jones (2009, p. 13):

- Las teorías tienden a ser más fundamentales y generales que los modelos, mientras que los modelos pueden extraerse de las teorías, y así se muestra cómo las teorías contribuyen a modelar fenómenos específicos.
- Los modelos simplifican las cosas y de ahí tratan de capturar la esencia de algo, mientras que dejan fuera detalles menos esenciales acerca del fenómeno modelado.
- La validez de los modelos puede ser limitada, lo que significa que diferentes modelos pueden cumplir funciones diferentes.
- Los modelos no sólo deben encajar con los datos empíricos disponibles, sino también deben dar lugar a predicciones y de esta manera ser contrastables.

Antes de estudiar con los alumnos el tema de Cinemática se reconoce el concepto de los movimientos en el plano.

Si hay un ejemplo de fenómeno físico que ha merecido la atención del ser humano desde la antigüedad hasta nuestros días es el del movimiento. La forma de orientarse más antigua conocida es a través de la posición que van adoptando las estrellas en la cúpula celeste a lo largo del año y de la zona desde donde se observa. La trayectoria de las partículas fundamentales en reacciones nucleares es un tema de gran actualidad, permite retrotraernos a los orígenes del universo.

Las situaciones que se abordan con ese trabajo representan una parte de la realidad de los trabajos efectuados por el científico Galileo sobre experimentos de caída libre desde la torre de Pisa, Italia.

La apariencia de un movimiento depende del lugar de la observación, en concreto de su estado de movimiento. El movimiento de los cuerpos plantea la necesidad de elegir un sistema de referencia relativo al cual se refiera la observación.

El sistema de referencia es el lugar desde donde se miden las posiciones que atraviesa un móvil a lo largo del tiempo. Otro concepto importante es la trayectoria; las preguntas iniciales para aprender el concepto de trayectoria con los alumnos son: ¿Cómo describirías el movimiento de la Luna? ¿Cómo describirías el movimiento de la Tierra? Cuando cae un objeto, ¿cómo es el movimiento? El resultado de observar un movimiento está ligado a un sistema de referencia, el que se mueva o no el sistema de referencia repercute en la forma de percibir el movimiento estudiado. Así podemos hablar con los alumnos de algo cotidiano, como la trayectoria que describe un avión que coincide con el rastro creado por la condensación de los gases que expulsa el motor, entre otros ejemplos.

La descripción de un movimiento requiere conocer el lugar donde (posición) y en qué momento se encuentra (instante), como se muestra en la figura 1.

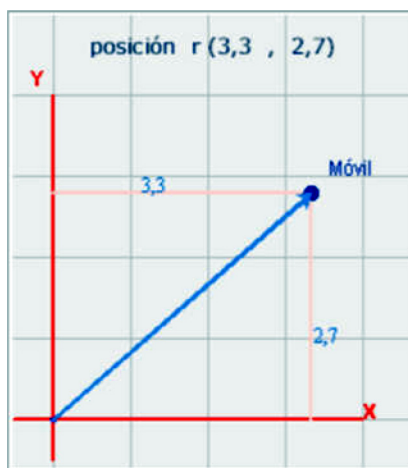


Figura 1. Posición de un móvil en un determinado tiempo  $t$ .  
La representación vectorial de la posición.

*Fuente:* Recuperado de Materiales Didácticos Proyecto Descartes  
(Muñoz, Ramírez, San Emeterio, Sevilla y Villasuso, 2009).

La representación en un plano se realiza sobre ejes coordenados  $xy$ . El observador se sitúa en el origen del sistema de referencia. En este sentido, se propuso la tarea de situar las posiciones del personaje de “Valentina” en movimiento, y los estudiantes intervienen representando en una gráfica el recorrido.

### Situación 1. El problema de “Epifanía”

Valentina llegó temprano a su clase de música. A punto estaba de sentarse cuando advirtió, disgustada, que había olvidado su cuaderno en su refugio predilecto: la siempre cómoda y acogedora biblioteca. No podía perderse el comienzo de la clase, así que fue a la biblioteca, cogió su



cuaderno y regresó a su asiento, a tiempo para comenzar su, probablemente disfrutable, clase de música. Pero en el camino se encontró a su bien amado Juan y se detuvo a intercambiar algunas muestras de su muy auténtico cariño, lo que le llevó 4 minutos, pero de los largos, y la obligó a recuperar los 4 minutos tan bien aprovechados, porque cuando salió del salón no previó la Epifanía. La biblioteca está en un punto diametralmente opuesto del salón de música en el patio circular, que tiene 500 metros de diámetro, de la escuela. Valentina tardó, en total, 9 minutos. Construye una gráfica que describa los cambios de posición de Valentina en su trayecto de ida y vuelta con respecto al tiempo [IPN, 2006, p. 54].

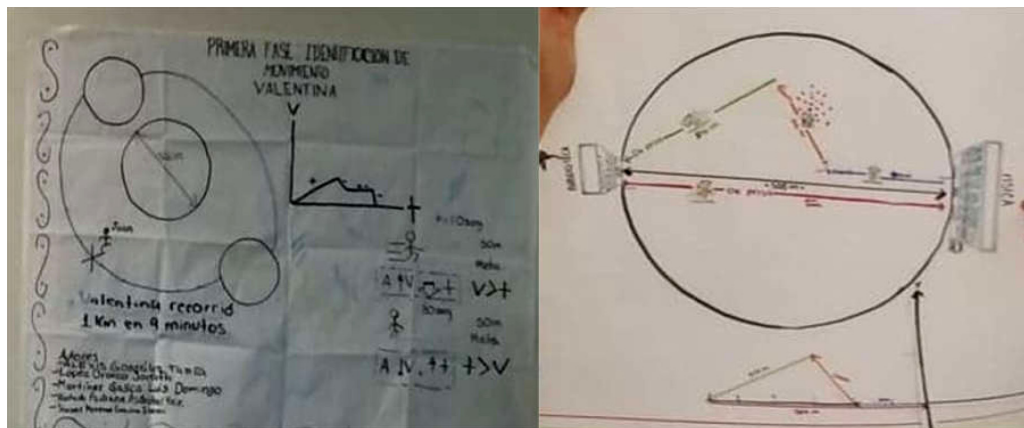


Figura 2. Recorrido de Valentina.

Fuente: Recuperado del trabajo de los estudiantes.

A partir de los datos proporcionados, dibujar una gráfica que describa todos los movimientos que realiza el personaje, identificando las variables que intervienen. Los estudiantes se agrupan por equipos y trabajan las posiciones de “Valentina”, que se muestra en la figura 2, se ilustran sólo dos trabajos que fueron diferentes ya que el resto de las gráficas presentan resultados muy semejantes.

Como puede observarse, los estudiantes identifican sin mayor problema las posiciones del personaje, y en un equipo están representando las velocidades negativas y positivas, de acuerdo con el recorrido que realiza “Valentina”.

La secuencia didáctica plantea que los estudiantes lleven a cabo una propuesta con condiciones de movimiento análogos al de “Valentina”, cumpliendo con los recorridos y posiciones de un objeto o cuerpo, además de analizar con la herramienta tecnológica Tracker, como parte de la modelación y estudio del fenómeno físico.

A continuación se muestran dos problemas que plantearon dos equipos de trabajo con situaciones distintas, a partir de la planeación implementada.

## Situación 2. El problema del taxista

Un taxista va al aeropuerto a velocidad constante, sin embargo, el cliente le pide que acelere debido a que va un poco atrasado y no quiere perder su vuelo. Realiza la representación gráfica del recorrido del taxista para llegar al aeropuerto, e indica las variables que intervienen en la situación.

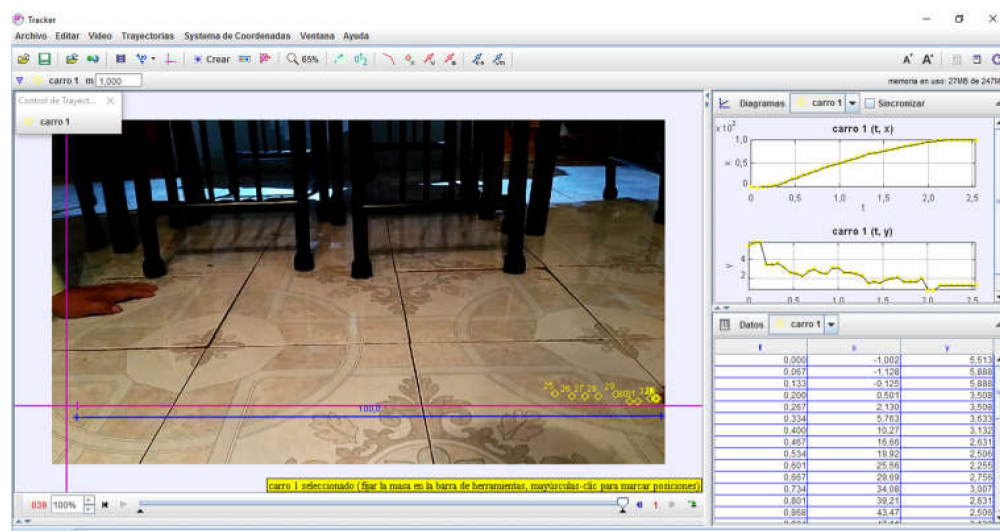


Figura 3. Uso de Tracker para analizar el recorrido del taxista.

Fuente: Recuperado del trabajo del equipo de estudiantes.

Los estudiantes llevaron a cabo la simulación de este taxi con un carrito, grabaron por medio del celular para posteriormente analizarlo con la herramienta Tracker, de donde se recupera la gráfica que se muestra en la figura 3.

Los estudiantes argumentan que la aceleración está presente debido a una ligera variación de velocidad. Del análisis con la herramienta tecnológica, los estudiantes observan un aumento de la velocidad, lo que corrobora la aceleración, y con la tabla que se genera a partir de Tracker.

Los estudiantes evidencian con ayuda de la gráfica generada con Tracker la posición-tiempo  $(t, x)$ , a medida que avanza el “taxista” se observa un tramo con velocidad constante pero después, “debido al tráfico” (argumento de los estudiantes), hay una variación de velocidad por el tráfico.

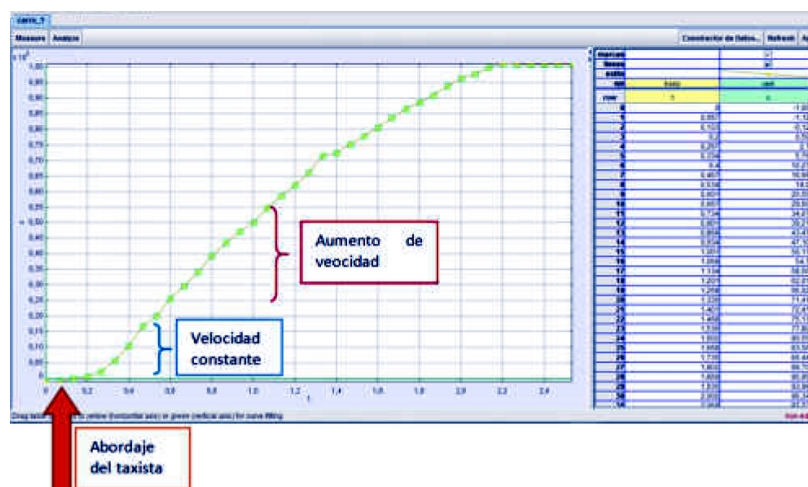


Figura 4. Explicación del movimiento realizado por el taxista con la herramienta Tracker.

Fuente: Recuperado del trabajo de los estudiantes.

## MODELACIÓN PARA SITUACIONES QUE INVOLUCRAN LAS LEYES DE NEWTON

Otro de los temas que referimos en este trabajo y que se ha llevado a cabo con los estudiantes es sobre las leyes de Newton.

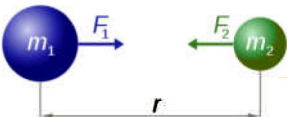
A modo de introducción para el siguiente problema de modelación que realizaron los estudiantes, se describe el plano inclinado, cuyas contribuciones están basadas en la experimentación del plano inclinado de Galileo Galilei, y en consecuencia los conceptos de aceleración, velocidad y tiempo.

La gravedad es un fenómeno físico que podemos notar cuando lanzamos una moneda, cuando lanzamos un balón o cualquier otro objeto, a los objetos se les ejerce una fuerza de atracción al suelo, llamada *gravitatoria*. La gravedad es una de las cuatro fuerzas de la naturaleza junto con el electromagnetismo, la fuerza nuclear débil y la fuerza nuclear fuerte; la gravedad es una fuerza de atracción que actúa entre todos los objetos físicos con materia (masa) o energía. El desarrollo moderno de la Teoría Gravitacional comenzó a finales del siglo XVI y principios del siglo XVII con el trabajo de Galileo Galilei, con su famoso experimento en la Torre de Pisa al dejar caer bolas y poco después con cuidadosas mediciones de las bolas rodando en un plano inclinado. Galileo mostró que la gravedad acelera todos los objetos a la misma velocidad y a su vez postuló que “la resistencia del aire es la razón por la cual los objetos ligeros pueden caer despacio en la atmósfera” (Cruz, Nosnik y Recillas, 2002). Este trabajo sentó las bases para la formulación de la teoría de la gravitación de Newton y en consecuencia la segunda Ley de Newton, que explica que la aceleración que sufre un cuerpo es proporcional a la fuerza ejercida sobre él, estando ambas relacionadas por una constante de proporcionalidad que es precisamente la masa de dicho objeto, donde:

$$F = mg$$

Y a su vez, introduciéndola en la ley de la Gravitación Universal, se obtiene que la aceleración que sufre un cuerpo debido a la fuerza de la gravedad ejercida por otro de masa

M es igual a:  $g = G \frac{M}{r^2}$



Donde  $g$  es la aceleración sufrida, dicha aceleración es independiente de la masa que posee el objeto. Por ello, si se tienen dos cuerpos de diferente masa a la misma distancia de la Tierra, la aceleración que produce ésta sobre ambos es exactamente la misma.

### Ecuaciones en un plano inclinado

Para la realización de problemas que refieren el uso de las Leyes de Newton, se considera el plano inclinado y las estrategias de solución son mediante un diagrama

de cuerpo libre que permita la observación de todas las fuerzas que intervienen en un sistema.

De acuerdo con el diagrama de cuerpo libre se obtienen las siguientes ecuaciones para el cálculo de la aceleración de la gravedad, como se muestra en la figura 5.

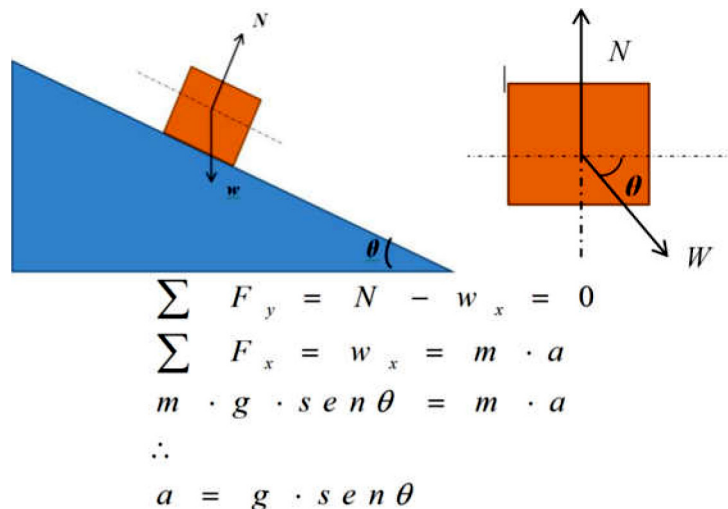


Figura 5. Diagrama de Cuerpo Libre (DCL), donde la normal y el peso forman un ángulo, el cual coincide con el ángulo del plano inclinado y las ecuaciones para el cálculo de la aceleración de la gravedad.

*Fuente: Sears, Zemansky, Young y Freedman, 1999.*

El segundo caso de modelación que un equipo de estudiantes realizó sobre un problema de plano inclinado es un poco más complejo, si se analizan todas las variables que intervienen.

### Situación 3. Problema de plano inclinado

Una caja se desliza sobre una rampa como se muestra en la figura 6. Realiza su gráfica de posición con respecto al tiempo utilizando Tracker.

Las estudiantes plantean el deslizamiento de un caja, partiendo desde un punto alto hacia la parte baja del plano inclinado, donde también relacionan el problema con los planos inclinados de Galileo Galilei; los números que están representados en Tracker representan las distancias entre las marcas señaladas, en unidades arbitrarias, que finalmente corresponden a un movimiento uniformemente acelerado y que, de acuerdo a la investigación previa realizada por las estudiantes, corroboran que las distancias totales recorridas partiendo del reposo son proporcionales a los cuadrados de los tiempos, como también describió Galileo, que se detalla en la gráfica generada por Tracker (figura 7).

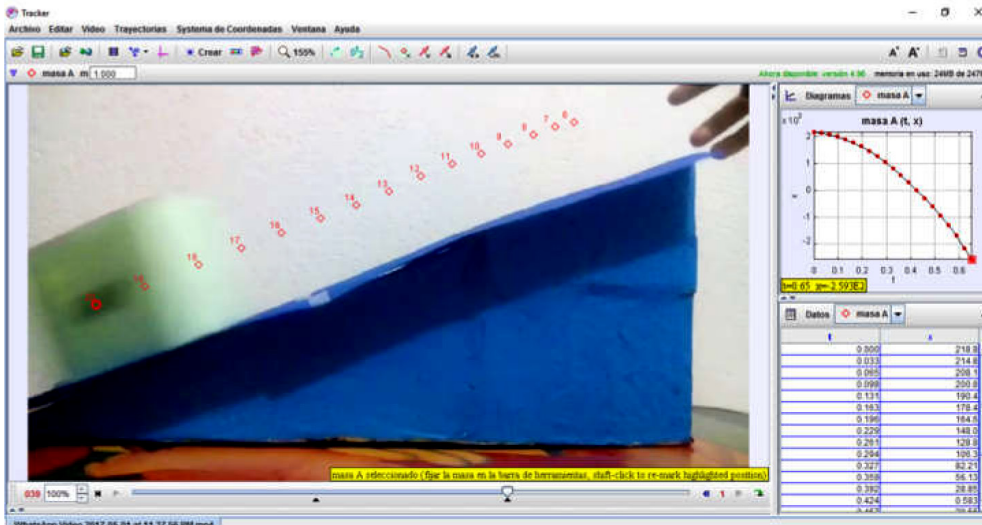


Figura 6. Deslizamiento de una caja sobre una rampa.

Fuente: Recuperado del trabajo en equipo de los estudiantes.

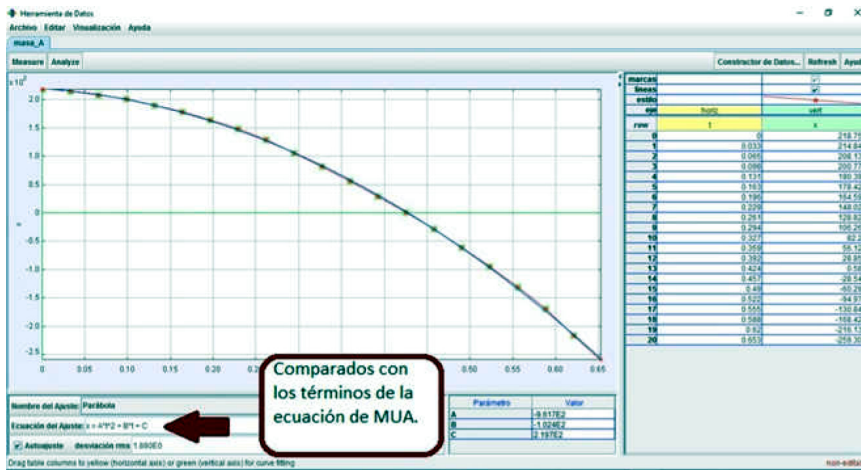


Figura 7. Gráfica generada de la caja deslizándose, con la herramienta Tracker.

Fuente: Recuperado del trabajo de las estudiantes.

Como puede observarse en la figura 7, la experimentación que realizaron las estudiantes y con el apoyo del software Tracker, la ecuación que describe el movimiento es:  $x = At^2 + Bt + C$ , de donde la velocidad, que es la primera derivada con respecto al tiempo, se obtiene:  $v = \frac{dx}{dt} = 2At + B$ , considerando que la segunda derivada corresponde a la aceleración, las estudiantes calcularon con base en la ecuación que proyecta el software:  $a = \frac{dv}{dt} = 2A$ ; también derivado del mismo software obtienen los valores de los parámetros  $A$ ,  $B$  y  $C$ , dado que:  $a = 2A$ ; concluyen que:

$$a = 2(-9.617 \times 10^2), a = -1.9234 \text{ m/s}^2$$

Las estudiantes concluyen que dado el análisis experimental y los datos proporcionados por el software es más sencillo realizar los cálculos de la aceleración, así como de la velocidad, obteniendo los resultados siguientes:

- Observación de que entre mayor es el ángulo, la aceleración también va aumentando.
- Valor negativo de la aceleración porque el objeto va hacia abajo.
- El uso del software nos permite captar los instantes del deslizamiento del objeto sobre el plano inclinado, datos que durante la experimentación sin el uso del software son casi imposibles de conseguir.
- El software permite que realices los cálculos de manera más sencilla, de este modo pones más atención en lo que sucede y cómo puedes relacionar lo que estudias en la Física con tu especialidad de construcción o bien con tu entorno cotidiano.
- En la especialidad de construcción hay mucha aplicación y con ayuda del software suponemos que se pueden facilitar los cálculos de los diseños del plano inclinado.

### La evaluación de las situaciones de modelación

La evaluación en el ámbito educativo es una componente fundamental que constituye una tarea necesaria y esencial en la labor docente (Díaz y Hernández, 2002). Para los efectos de la investigación se puntualiza en la cinemática, que Halliday *et al.* (2010) definen así: la palabra cinemática proviene del griego *kinema*, que significa “movimiento”, por lo que la cinemática es la ciencia que estudia el movimiento de los cuerpos sin tomar en cuenta las causas o fuerzas que producen dicho movimiento. En concordancia con Espinoza (2013), podemos afirmar que la descripción del movimiento de los cuerpos conlleva al uso de palabras, diagramas, números, gráficos y ecuaciones, por lo que exige una moderna evaluación periódica integral del estudiante en sus tareas de construcción del conocimiento.

Biggs (2010, pp. 214-217) sugiere la prueba objetiva en un formato cerrado o convergente que requiere una respuesta correcta, los cuales se escalonan según la dificultad o estructura, solicitando al estudiante que responda en el máximo nivel que sea posible (el resultado ordenado).

Se consideran como resultado ordenado para la evaluación del aprendizaje de los estudiantes, que toma en cuenta los niveles de la taxonomía SOLO.

- Uniestructural: se toma en cuenta un elemento obvio de información directamente extraído de los conceptos de cinemática. Para este tipo de subítem sólo se requiere una lectura correcta de un diagrama, sencilla pero esencial.
  - Multiestructural: se valoran dos o más elementos discretos y separados de la información contenida de los conceptos de cinemática. En este nivel se requiere la comparación de dos lecturas diferentes.
  - Relacional: considera dos o más elementos de información, cada uno de los cuales está directamente relacionado con la comprensión integrada de los conceptos de cinemática. Este subítem exige la interpretación en una respuesta sencilla del nivel relacional.
-

- Abstracto ampliado: se examina un principio o hipótesis general y abstracto que se deriva de la información de los conceptos de cinemática. Finalmente, es relacional, pero con más complejidad, requiriendo una interpretación completa integrando el conocimiento funcional de las destrezas.

Tabla 3. Evaluación por ítems para la verificación del aprendizaje que alcanzaron los estudiantes.

Preguntas	Niveles cognitivos de comprensión	
	Deseados en los objetivos	Utilizados en el aprendizaje
Subítem (a) son del tipo conceptual, donde el alumno solo requiere recordar las definiciones y/o algunas características del tema	Identifica y comprende la oración	Identifica y comprende
Subítem (b) donde el alumno tiene que comprender las ideas principales que enuncia el problema y con base en ello describe la situación	Describe y comprende la idea principal	Comprende las ideas principales y describe la respuesta
Subítem (c), aquí el alumno lee la situación planteada; identificando y comprendiendo las ideas del problema, además brinda una explicación con base en su razonamiento de los conceptos y experiencias propias de la materia	Razona y explica detalladamente su respuesta	Razona y explica con argumentos qué ocurre en la situación que se describe en el problema planteado
Subítem (d), el alumno alcanza los niveles cognitivos de comprensión más altos siendo estos de manera autónoma	Aplica, reflexiona y demuestra	Aplica los conceptos de manera reflexiva, pues justifica el porqué de su respuesta, finalmente demuestra con argumentos que constata con la teoría vista en clase

Fuente: Elaboración propia.

### Ítems aplicados

Los ítems se aplicaron a los estudiantes de forma individual, con la indicación:

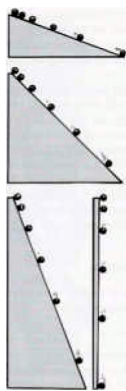
Analice y después responda: cada inciso está propuesto de modo que el inciso (a) corresponde a la categoría del subítem (a), el inciso (b) corresponde a la categoría del subítem (b), y así sucesivamente.

#### Ítem 1

Observe la figura 8, donde se considera la fricción igual a cero y es referente para contestar los cuatro incisos propuestos.

En la figura 9 se muestra la gráfica con los resultados obtenidos en el ítem 1; a, b, c y d son los niveles definidos propuestos para la evaluación del tema.

De acuerdo con los resultados del ítem aplicado, el 100% (que corresponde a 15 estudiantes) contesta de manera acertada al inciso a, el cual se encuentra relacionado con los conceptos de manera casi inmediata; este nivel está caracterizado porque los estudiantes, de acuerdo con la definición de movimiento en el plano y con apoyo de



- En el plano vertical, ¿cuál es el valor de la aceleración?
- En el plano vertical, ¿cuál es la velocidad instantánea  $v$  de un objeto que cae desde el reposo después de un tiempo  $t$ ?
- Si arrojas una pelota directamente hacia arriba que sale de tu mano con una velocidad inicial. ¿Cómo impacta el valor de la gravedad durante todo su recorrido de este tiro vertical?
- ¿En cuál de las figuras la aceleración es mayor?

Figura 8. Planos de Galileo.

Fuente: Hewitt y Lira, 2004.

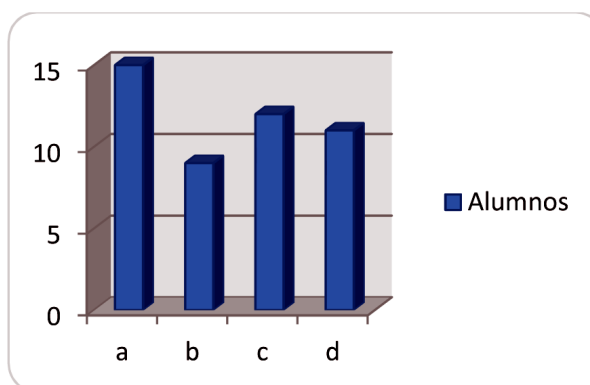


Figura 9. Gráfica de resultados obtenidos del ítem 1.

Fuente: Elaboración propia.

la imagen, deducen la respuesta, respondiendo que el valor de la aceleración para ese caso es de  $9.8 \text{ m/s}^2$ .

En el caso de la respuesta al inciso b, solo 60% (que corresponde 9 estudiantes) responde de manera correcta, o están muy próximos a la respuesta de que la velocidad instantánea en cualquier momento es cuando multiplican la aceleración por los segundos transcurridos. Aquí cabe aclarar que los estudiantes están interpretando la forma de ecuación  $v = at$ , ecuación de MRUA. El resto de los alumnos no responde, argumentando confusión.

En el inciso c, el 80% (que corresponde a 12 estudiantes) responde de manera correcta, donde demuestran que la velocidad de inicio es de  $0 \text{ m/s}$  y el valor de la gravedad se opone a dicho movimiento, por lo que es un valor para todo el recorrido. El resto de los estudiantes no plantea el valor de la gravedad como el de la aceleración que tiene el cuerpo.

En el inciso d, el 73.3% (que corresponde a 11 estudiantes) responde de manera correcta, analizando y deduciendo que el valor máximo de la aceleración en el plano es totalmente vertical. Los 4 estudiantes responden que, en otros planos, no logran imaginar la situación o al menos representarla con materiales inmediatos.



De este modo podemos concluir: los estudiantes que contestan correctamente toman elementos (materiales) que parten de la realización del experimento y de los análisis de datos experimentales usando Tracker.

### Ítem 2

En la figura 10 se muestran dos esferas que se encuentran a la misma altura y se sueltan al mismo tiempo, desde el reposo, en el extremo izquierdo de las pistas A y B. Observe para responder los cuatro incisos.



Figura 10. Movimiento de dos esferas.

Fuente: Hewitt y Lira, 2004.

- ¿Cuál de ellas llega primero al final de su pista, considerando que la altura final para ambos cuerpos es la misma?
- ¿En cuál de ellas es mayor la rapidez?
- Establezca si hubo un desplazamiento mayor en alguna de las pistas cuando se deslizan las esferas.
- Explique qué sucede con el desplazamiento y rapidez cuando existen más protuberancias en la pista B.

En la figura 11 se muestra la gráfica con los resultados obtenidos en el ítem 2, de acuerdo con los niveles de cognición, a, b, c y d, propuestos para la evaluación del tema.

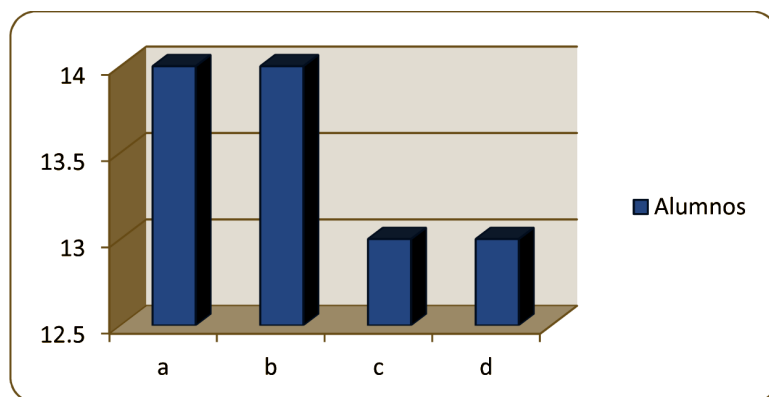


Figura 11. Gráfica de resultados obtenidos del ítem 2.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados del ítem aplicado, el 93.3% (que corresponde a 14 estudiantes) contesta de manera acertada al inciso a, en el cual relacionan todos los conceptos de manera casi inmediata; este nivel está caracterizado porque los

estudiantes, de acuerdo con la simple inspección de la figura, indican que la esfera B es la que llega primero a la meta.

En el caso de la respuesta al inciso b, solo 93.3% (que corresponde a 14 estudiantes) responde que la mayor rapidez la experimenta la esfera B, mientras que dos estudiantes dicen tener confusión y no saber cuál de las esferas tiene mayor rapidez.

En el inciso c, el 86.6% (que corresponde a 13 estudiantes) responde de manera correcta, argumentando que la esfera B es la que tiene el mayor desplazamiento. Los otros dos estudiantes dicen que ambas esferas experimentan el mismo desplazamiento, no tomando en cuenta las protuberancias.

En el inciso d, el 86.6% (que corresponde a 13 estudiantes) responde de manera correcta, analizando que tanto el desplazamiento como la rapidez dependen de la forma de la protuberancia.

Como puede observarse, los resultados de los ítems aplicados demuestran una tendencia hacia los niveles de la taxonomía SOLO en los niveles relacional y abstracto ampliado, que enfoca a un aprendizaje más profundo en los estudiantes, ya que las mayores respuestas correctas están en los incisos a y b.

En términos cualitativos, los estudiantes dijeron que fue de gran ayuda observar el comportamiento del fenómeno físico a través de un análisis de cuadro por cuadro, la generación de los datos y gráfica de movimiento del fenómeno es muy clara, de tal modo que pueden hacer comparativos. La comprensión de los conceptos fue constatada en gran parte por la observación, pero sobre todo debido al experimento vivencial del fenómeno físico y exploración en tiempo real del video mediante Tracker.

## CONCLUSIONES

Con respecto al trabajo que se llevó a cabo, se tomó en cuenta la integración de la tecnología en Física que, más allá de su uso, en la actualidad es una necesidad para el desarrollo del aprendizaje. La propuesta educativa potencializa la construcción y comprensión de los conceptos en cinemática, logrando generar un ambiente agradable y favorable para el aprendizaje orientado hacia el desarrollo de un pensamiento crítico y también de colaboración con los estudiantes.

La formación docente es un proceso proactivo en la construcción de modelos innovadores de aprendizaje para potencializar la imaginación y transformación en la enseñanza; en este sentido la Matemática como modelo para la descripción de fenómenos físicos para la enseñanza de la Física, a partir del uso de la herramienta Tracker permite que el estudiante realice observaciones más precisas que de modo tradicional no se pueden realizar. Tracker como herramienta didáctica potencializa las opciones de experimentación y de obtención de datos con mayor precisión, facilitando al estudiante relacionar los conceptos de cinemática con el modelo físico, algebraico y gráfico.

Concluimos que el uso de la tecnología en la modelación de fenómenos físicos a partir de experimentos caseros permite al estudiante visualizar en tiempo real lo

---

que sucede y de ese modo ir conectando sus conocimientos previos e integrar los conocimientos nuevos, que se van consolidando con los modelos matemáticos establecidos en cinemática.

Finalmente, la reflexión como docentes a partir de la experiencia en el Seminario Repensar las Matemáticas es el insumo para esta travesía en la educación, como resultado de la investigación que se realizó en conjunto con la formación docente, consolidando el aprendizaje de los estudiantes, que es uno de los objetivos de la educación. La invitación a participar en el SRM ofrece una oportunidad para avanzar en experiencias y en la reconstrucción de la práctica docente, apuntando a la enseñanza de forma efectiva y generando vínculos activos entre prácticas innovadoras del diálogo con otros docentes de instituciones educativas nacionales e internacionales.

Consideramos que la intención de formar un equipo en el SRM es conformar colectivos docentes para compartir experiencias de enseñanza, el desarrollo profesional para recuperar de manera paralela la enseñanza de un modo innovador y el enriquecimiento del trayecto formativo de los docentes.

## Referencias

- Ávila, G. (2017). *Adecuación del alineamiento constructivo en Física I y el uso de TIC para generar aprendizaje profundo en los alumnos del CECyT 11* [Tesis de Maestría]. Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales, México.
- Biggs, J. (2010). *Calidad del aprendizaje universitario*. España: Narcea.
- Cruz, I., Nosnik, A., y Recillas, E. (2002). *El hombre de la torre inclinada: Galileo Galilei*. México: Pangea.
- De Camilloni, A. R., Cols, E., Basabe, L., y Feeney, S. (2007). *El saber didáctico*. Paidós.
- Díaz, B., y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo* (2a. ed.). México: McGraw-Hill.
- Espinoza, M. (2013). *Física esencial*. Guayaquil: Ediciones Holguín S. A.
- Gutiérrez, C. (2009). *Física general*. McGraw-Hill Interamericana.
- Halliday, D., Resnick, R., y Walker, J. (2010). *Fundamentos de física* (8a. ed.). México: Patria.
- Hewitt, P. G., y Lira, J. A. F. (2004). *Física conceptual* (vol. 6). Addison-Wesley.
- IPN [Instituto Politécnico Nacional] (s.f.). *Oferta Educativa/Educación Medio Superior*. Recuperado de: <https://www.ipn.mx/oferta-educativa/educacion-medio-superior/?a=1&m=-1&e=-1> (consulta: 31 may. 2019).
- IPN (2006). *Geometría analítica. Libro del profesor*. Ciudad de México: IPN.
- Klein, G. (2012). *Didáctica de la física*. Madrid: Morata.
- Molina-Toro, J. F., Villa-Ochoa, J. A., y Suárez, L. (2018). La modelación en el aula como un ambiente de experimentación-con-graficación-y-tecnología. Un estudio con funciones trigonométricas. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática*, 11(1), 87-115.
- Muñoz, J. M., Ramírez, L., San Emeterio, J. L., Sevilla, I., y Villasuso, J. (2009). *Física y Química 4º ESO*. Centro para la Innovación y Desarrollo de la Educación a Distancia. Instituto Superior de Formación y Recursos en Red para el profesorado del Ministerio de Educación, Política Social y Deporte.
- Pantoja, R., Ulloa, R., y Nesterova, E. (2013). La modelación matemática en situaciones cotidianas con los software Avimeca y Mathcad. *Góndola*, 8(1), 8-22.

- Rolleri, J. L. (2013). ¿Qué son los modelos físicos? *Valenciana*, 6(11), 271-288.
- Sears, F., Zemansky, M., Young, H. D., y Freedman, R. (1999). *Física universitaria* (vol. 1). México: Addison-Wesley Longman.
- Serway, R. A., Jewett, J. W., Hernández, A. E. G., y López, E. F. (2002). *Física para ciencias e ingeniería*. McGraw-Hill.
- Suárez, L. (2014). *Modelación-graficación para la matemática escolar*. México: Díaz de Santos.
- Suárez, L., Ruiz, B. R., Torres, J. L. Gómez, A. Flores, C., y Luna, V. H. (2016). Laboratorio de modelación graficación para la matemática escolar. *Investigación e Innovación en Matemática Educativa*, 1(1), 486-497.
- Trigueros, M. (2009). El uso de la modelación en la enseñanza de las matemáticas. *Innovación Educativa*, 9(46).
- Vélez, D. C. (2006). *Modelos teóricos y representación del conocimiento*. Universidad Complutense de Madrid.
- Vera, F., Rivera, R., Fuentes, R., y Romero, D. (2015). Estudio del movimiento de caída libre usando vídeos de experimentos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 581-592.
- Villa-Ochoa, J., Bustamante, C., Berrio, M., Osorio, A., y Ocampo, D. (2009). El proceso de modelación matemática. Una mirada a la práctica del docente. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa ALME*, (22), 1443-1451.
-

SEGUNDA PARTE

# *REPENSAR*

la enseñanza en las

# **MATEMÁTICAS**



# El problema didáctico del reconocimiento de los números irracionales en educación secundaria

LUIS REINA

I.E.S. N°9-011 "Del Atuel" (Argentina)

MIGUEL R. WILHELMI

Universidad Pública de Navarra (España)

## Resumen

Se estudian algunas dificultades y conflictos que emergen del proceso de estudio de la noción de número irracional en Educación Secundaria. Se analizan dichas problemáticas desde el enfoque ontológico y semiótico del conocimiento y de la instrucción matemáticos. Se observa el fenómeno didáctico de *mimetismo didáctico* en el reconocimiento por parte de los estudiantes de la aperiodicidad numérica en las cifras decimales de números irracionales. Se incorpora la noción de fracción continua en el proceso de estudio y se analizan los resultados obtenidos. Mediante un análisis centrado en cuestiones ecológicas, cognitivas y de conceptualización de la noción matemática se obtiene explicación al fenómeno involucrado.

## INTRODUCCIÓN

La finalidad de este capítulo se centra en analizar los conflictos semióticos y dificultades que emergen en el reconocimiento e identificación de los números irracionales en Educación Secundaria. Este análisis motiva la incorporación del contenido curricular “fracción continua” a modo de innovación, ya que se trata de una noción no habitual en el currículo de matemática oficial de Argentina. El objetivo que se persigue es que la fracción continua permita la estabilización de los conocimientos de los estudiantes para la diferencia entre la periodicidad y la aperiodicidad de números reales. La experimentación permite la determinación de una propuesta educativa que aporta a docentes en formación inicial y en actividad una herramienta específica para la enseñanza de los números irracionales en Educación Secundaria.

Este trabajo emana de la sesión 89 del Seminario Repensar las Matemáticas, del 28 de septiembre del 2016, intitulada “Construcción de la noción de número irracional en Educación Secundaria: algunos conflictos y dificultades asociados a su enseñanza” (Reina, 2016a). Asimismo es fuente de referencia el trabajo “Estudio didáctico de la completitud del conjunto de los números reales”, presentado en la sesión 75 del mismo seminario (Bergé, 2015).

## EL PROBLEMA DIDÁCTICO DEL DESARROLLO DECIMAL DE LOS NÚMEROS IRRACIONALES

El problema de enseñanza es la identificación y diferenciación, por su expresión decimal, de un número irracional de otro racional. Se trata de una diferenciación entre lo “aperiódico” y lo “periódico” en el desarrollo decimal de un número real. En la práctica totalidad de las tareas que usualmente se proponen a los estudiantes están desarrollos finitos de números con un número reducido de decimales, de tal forma que la identificación de los números racionales es inmediata. Esto crea una ilusión, según la cual la “racionalidad” o “irracionalidad” de un número se “ve”, no siendo necesaria una actividad matemática específica para ello (figura 1).

1. Clasifiquen cada uno de los siguientes números en racionales (R) o irracionales (I).	
a) 6 <input type="checkbox"/>	d) 4,75 <input type="checkbox"/>
b) 1,78942168431712953 <input type="checkbox"/>	e) 2,44444444... <input type="checkbox"/>
c) 0,12 $\overline{7}$ <input type="checkbox"/>	f) 0,123456789101112131415... <input type="checkbox"/>

Figura 1. Actividad de clasificación de números reales.

Fuente: Propuesta por un libro de texto de secundaria (Chorny, Salpeter y Krimker, 2009, p. 22).

La expresión decimal de un número racional es periódica cuando “una vez aparecido un cierto conjunto finito de cifras, dicho conjunto se repetirá infinitas veces”



(Courant y Robbins, 1962, p. 75). Rey Pastor, Pi Calleja y Trejo (1969) apelan a las nociones de periodicidad y aperiodicidad para diferenciar números reales: “entonces, los números racionales resultan las expresiones decimales periódicas, y los números irracionales, las expresiones decimales aperiódicas” (p. 99).

Pero estas definiciones matemáticas implican para el estudiante reconocer “regularidades”, “repeticiones” infinitas de cifras decimales y la emergencia de un “patrón” numérico.

Pero, ¿qué se entiende por estas nociones?

El diccionario de la Real Academia Española (2019) propone:

regular<sup>2</sup>. Del lat. *reguláris*.

1. *adj.* Ajustado a una regla y conforme a ella. *Vuelo regular.*
2. *adj.* Uniforme, sin cambios grandes o bruscos. *Respiración regular.*
3. *adj.* Que se hace o se produce a intervalos regulares (| | uniformes). *Acude a revisiones médicas regulares.*

repetibilidad.

1. *f.* En la metodología científica, cualidad de repetible.

patrón, na. Del lat. *patrónus*; la forma f., del lat. *patróna*.

8. *m.* Modelo que sirve de muestra para sacar otra cosa igual.

Desde la Educación Matemática se alzan voces con diferentes posturas en relación con la noción de patrón:

La idea básica en esta noción es que toda situación repetida con regularidad da lugar a un patrón [Steen, 1988, p. 611, y Stacey, 1989, pp. 147-149, citados en Castro, 1995, p. 33].

Los patrones suelen formarse a partir de un núcleo generador; en algunos casos el núcleo se repite, en otros el núcleo crece de forma regular [Steen, 1988, p. 216, citado en Castro, 1995, p. 33].

Sin embargo, para otros especialistas no es posible establecer una definición precisa de patrón.

Un patrón no es un reconocido y mucho menos bien definido, concepto de las matemáticas [...]

Un patrón no es un objeto matemático. Incluso los matemáticos que dicen que las matemáticas es la ciencia de patrones admitirían que están usando el término en un sentido extra-matemático, casi poético. No hay acuerdo entre los matemáticos de lo que los patrones son, ni acerca de sus propiedades y operaciones [Carraher, Martínez y Schliemann, 2008, p. 4].

Si bien parece que, matemáticamente hablando, no hay consenso entre los educadores matemáticos sobre lo que es un patrón, y no vamos a entrar en esa discusión, consideramos que un patrón numérico racional emerge luego del encuentro de una regularidad y de la repetibilidad infinita del bloque periódico.

Para un número racional la periodicidad en sus cifras decimales, a partir de una cierta cifra decimal, implica entonces el reconocimiento de la existencia de una repetibilidad infinita del bloque de cifras, con la misma regularidad (con el mismo orden de aparición) y con la emergencia de un patrón (figura 2).







De tal manera que los números racionales de la forma

$$a_n = \frac{1}{\underbrace{899\dots 99}_n 1}$$

tienen como expresión decimal un periodo de longitud  $8(n + 1) + n + 1$  formado por los 10 dígitos ordenados de forma creciente y repetidos “ $n + 1$ ” veces de 0 a 7, ambos inclusive, “ $n$ ” veces el 8 y un único 9 (tabla 4).

Nº de nueves (9)	1	2	3	...	24	...	$n$
Cifras 0-7	2	3	4	...	25	...	$n+1$
Cifra 8	1	2	3	...	24	...	$n$
Cifra 9	1	1	1	...	1	...	1
Longitud del período	18	27	36	...	225	...	$8(n + 1) + n + 1$

Tabla 4. Expresión decimal de los números de la forma  $a_n = \frac{1}{\underbrace{899\dots 99}_n 1}$ .

Fuente: Elaboración propia.

En resumen, el reconocimiento de un número racional o irracional solamente por la búsqueda de regularidades, patrones y repetitividad infinita en sus cifras decimales es complejo, si no se conoce su estructura de origen. De hecho, tal y como sucede con las sucesiones, donde un número finito de términos no permite determinar el siguiente, dado un número finito de decimales no se puede determinar el siguiente sin conocer la regla de formación. Estas observaciones, en suma, sugieren no centrarse en la representación, sino en el objeto, sus propiedades y la relación con otros objetos con los que comparte una cierta apariencia o forma matemática, pero cuya naturaleza es esencialmente distinta. Aquí la fracción continua aporta otra óptica relacionada.

## UN NÚMERO IRRACIONAL PUEDE TENER UN DESARROLLO PERIÓDICO: LA FRACCIÓN CONTINUA

Se puede pensar en un número irracional en términos de sus cifras decimales infinitas aperiódicas, pero también es posible hacerlo a partir de otra forma de escritura del número, a saber, por su expresión en fracción continua.

El desarrollo en fracción continua tiene, pues, dos ventajas sobre el desarrollo decimal; la de ser único y la de indicar claramente la naturaleza del número. Si la fracción es finita, el número es racional; si es indefinida éste es irracional [Rey, Pi y Trejo, 1969, p. 346].

Se puede probar que un número racional tiene una expresión en fracción continua “finita”, mientras que un número irracional posee un desarrollo en fracción continua “infinita” (Spinadel, 1995; 2003).

Una fracción continua generalizada es una expresión de la forma,

$$x = a_0 + \frac{b_1}{a_1 + \frac{b_2}{a_2 + \frac{b_3}{a_3 + \frac{b_4}{\dots}}}}$$

siendo los  $a_i$  y  $b_i$  ( $i > 0$ ) números reales o complejos.

En este trabajo nos interesa la fracción continua “simple” o “regular” que tiene la forma

$$x = a_0 + \frac{1}{a_1 + \frac{1}{a_2 + \frac{1}{a_3 + \dots}}}}$$

siendo que  $a_0$  sea un número entero, los  $a_n$  enteros positivos y los  $b_n$  iguales a 1.

Una fracción continua de un número real puede tener diferentes notaciones, se adopta para este trabajo la forma reducida por cocientes incompletos o parciales.

Por ejemplo, el número racional 19/17 tiene una escritura finita en fracción continua regular:  $\frac{19}{17} = 1 + \frac{1}{8 + \frac{1}{2}}$ , siendo el desarrollo en cocientes parciales:  $\frac{19}{17} = [1; 8, 2]$ .

Mientras que un número irracional tiene un desarrollo infinito en fracción continua, y éste puede ser periódico o no.

Al respecto, el matemático francés Joseph Louis Lagrange (1736-1813) probó que un número es irracional cuadrático si y solo si su descomposición en fracciones continuas es periódica (no necesariamente periódica pura) [Spinadel, 1995, p. 20].

En el caso de un irracional cuadrático, o sea un número irracional que es solución de una ecuación cuadrática con coeficientes enteros, la periodicidad puede ser “pura” o “mixta”. Se muestran a continuación dos ejemplos:

$$1 + \sqrt{2} = [\overline{2}; \overline{2}] \text{ (fracción continua periódica pura)}$$

$$\sqrt{2} = [1; \overline{2}] \text{ (fracción continua periódica mixta)}$$

Se puede observar, en los ejemplos desarrollados, que a partir de cierto término los cocientes parciales comienzan a ser periódicos, esto último implica relaciones de regularidad, repetibilidad de cocientes parciales y la emergencia de un patrón (figura 4).

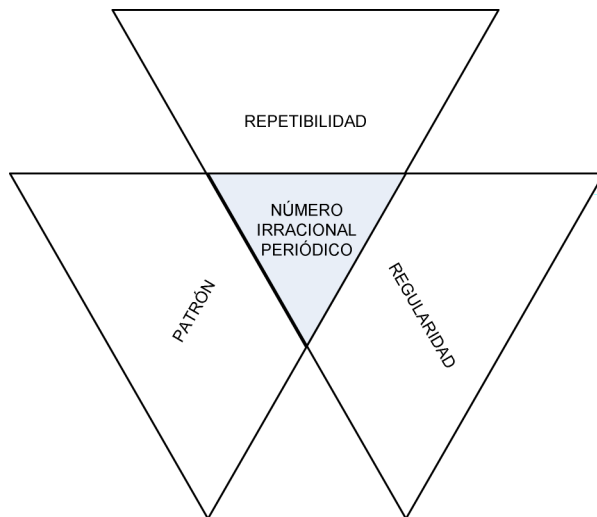


Figura 4. Posibles relaciones de implicancia entre nociones asociadas a un número irracional expresado en fracción continua periódica.  
Fuente: Reina, 2016b.

Existen números irracionales, desarrollados en fracción continua, cuya expresión no es periódica, pero presenta ciertas regularidades, en sus cocientes incompletos, a partir de una cierta cifra y la emergencia de un patrón, por ejemplo, el número de Euler.

Precisamente es Euler quien estudia al número  $e$  en fracción continua, sus regularidades y patrones (Thakur, 1996, p. 248).

El número  $e$  manifiesta un desarrollo en fracción continua simple o regular no periódica, pero asimismo presenta cuasi-períodos (falso período donde se observa repetitividad infinita de algunos cocientes parciales) y dentro de ellos es posible observar una regularidad y la emergencia de un patrón numérico.

$$e = [2; \overbrace{1, 2, 1, 1, 4, 1, 1, 6, 1, 1, 8, 1, 1, 10, 1, \dots}^{\text{Cuasi-períodos}}, \underbrace{1, 1, 2n, 1, \dots}_{\text{patrón}}], n \in \mathbb{N}$$

↑ ↑ ↑ ↑ ↑
↑

regularidad
patrón

El desarrollo en fracción continua cuasi-periódica se puede expresar en forma general:

$$e = [2; \overline{1, 2n, 1}]_{n=1}^{\infty} \text{ (Komatsu, 1999, p. 334).}$$

En esta última notación del número  $e$  se puede observar la falsa periodicidad ya que no todos los cocientes parciales se repiten de la misma forma, se observa entonces un patrón variable.

La genialidad de Euler hace posible la generalización para el caso de raíces enésimas de  $e$ .

$$\sqrt[n]{e} = [1; n-1, 1, 1, 3n-1, 1, 1, 5n-1, 1, 1, \dots], n \in \mathbb{N} > 1 \text{ (Thakur, 1996, p. 251).}$$

Entonces en un número irracional desarrollado en fracción continua “cuasiperiódica”, la emergencia de regularidades y patrones está garantizada, no así la repetitividad de “todos” sus cocientes parciales, si bien se pueden repetir infinitamente algunos de ellos dentro del cuasiperíodo (figura 5).

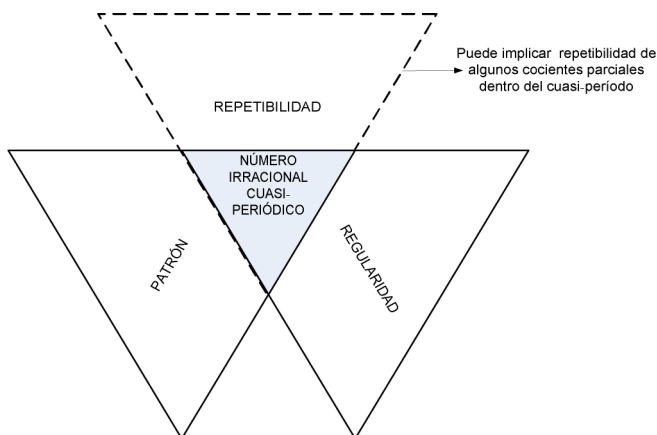


Figura 5. Posibles relaciones de implicancia entre nociones asociadas a la cuasi-periodicidad de un número irracional expresado en fracción continua.

Fuente: Reina, 2016b.

Otros números irracionales, por ejemplo  $\pi$ , no presenta regularidades o patrones expresado en fracción continua simple:

$$\pi = [3 ; 7, 15, 1, 292, \dots]$$

Pero sí presenta regularidades y patrones expresado en fracción continua generalizada; es el mismo Euler, en su *Introductio in analys infinitorum*, capítulo XVIII, *De fractionibus continuis*, quien muestra la FC desarrollada por William Brouncker (figura 6).

$$\frac{\pi}{4} = 1 + \frac{1}{2 + \frac{9}{2 + \frac{25}{2 + \frac{49}{2 + \frac{81}{2 + \dots}}}}}$$

Figura 6. Fracción continua del número  $\pi$  debida a William Brouncker.

Fuente: Reina, 2010.

De la misma manera que se puede “construir” un número irracional trascendente en expresión decimal por una “ley de formación”, también es posible construir (y probar) que algunas fracciones continuas conducen a un número irracional trascendente.

Tomando como cocientes parciales  $a_n$  diferentes secuencias de números conducen a números reales que a menudo resultan trascendentes. Por ejemplo, la fracción continua  $s$  para los cuales  $a_n = n.s = [0; 1, 2, 3, 4, \dots] = 0,697774657964\dots$  es trascendente [Wolf, 2010, p. 1].



Entonces aún un número irracional expresado como fracción continua aperiódica puede mostrar cierto tipo de repetitividad o de regularidades y patrones en sus cocientes parciales (figura 7).

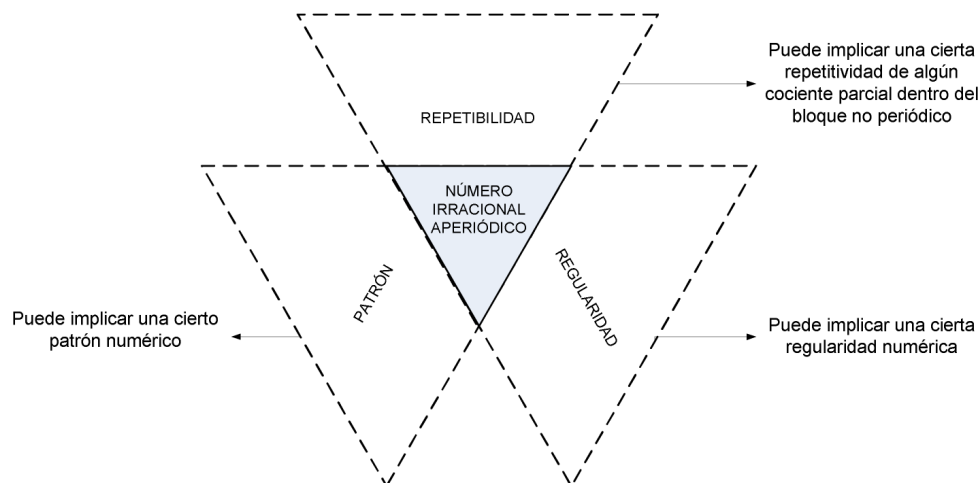


Figura 7. Posibles relaciones de implicancia en las nociones asociadas a la aperiodicidad de un número irracional expresado en fracción continua.

Fuente: Reina, 2016b.

En síntesis, se puede caracterizar los números irracionales, de acuerdo con su escritura, como expresión decimal no periódica infinita o como fracción continua infinita, y esto puede implicar el reconocimiento de relaciones “duales” (figura 8).

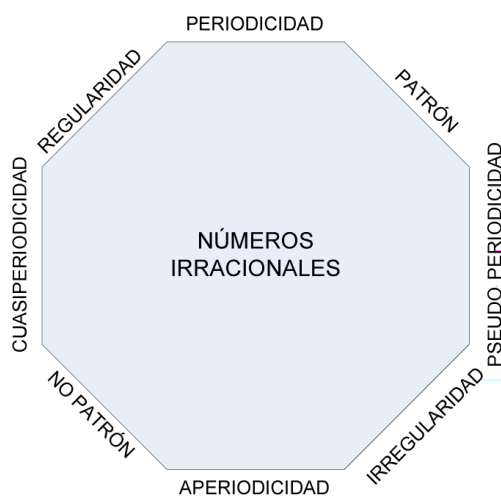


Figura 8. Relaciones matemáticas asociadas a los números irracionales, expresados tanto en desarrollo decimal como en fracción continua.

Fuente: Reina, 2016b.

En el siguiente apartado analizaremos la experiencia llevada adelante en Educación Secundaria.



Los resultados obtenidos (tabla 5) muestran que más de la mitad de los alumnos consideró que se trata un número irracional o bien no puede determinarlo. Incluso dos estudiantes señalan que no puede existir un número con esas características.

Número	Irracional	Racional	No puede determinarlo	¿Existirá un número con esas características?		
				Sí	No	No sé
$\frac{1}{97}$	13	13	1	25	2	0

Tabla 5. Identificación de un número racional por su expresión fraccionaria y decimal.

Fuente: Elaboración propia.

Si bien los estudiantes reciben en la tarea dos expresiones del número racional, a saber, fracción y decimal, parece tener más impacto cognitivo la expresión decimal.

Varios de esos alumnos recurren a la “infinitud” del número para “decidir” que es irracional. De hecho, un estudiante hace referencia a la noción de patrón (figura 9). De hecho, esta concepción se debe a la regla del *contrato didáctico* (Godino, Font, Wilhelmi y De Castro, 2009), según la cual la racionalidad o irracionalidad “se ve” o “viene dada por su expresión”.

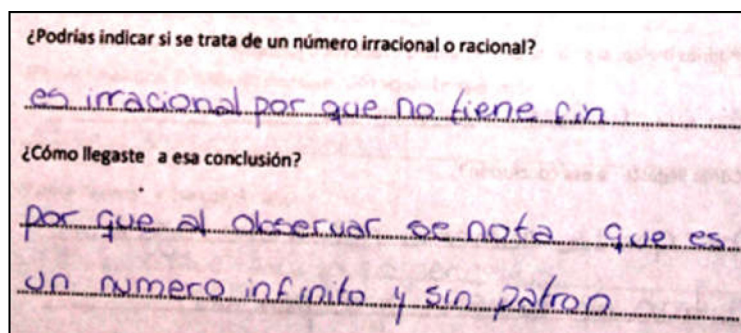


Figura 9. Respuestas de un alumno de tercer año sobre la irracionalidad de un número.

Esta toma de decisiones a favor de la irracionalidad del número, por parte del estudiante, no sólo se ve afectada por cuestiones de contrato didáctico (proceso de estudio) o cognitivas (proceso de visualización) sino por el estado de conceptualización de las nociones de número racional e irracional al momento de llevarse adelante el cuestionario.

Asimismo, las limitaciones de la tecnología también juegan un papel al momento de la toma de decisiones por parte del alumno. En general las calculadoras científicas de bolsillo cuentan con diez a doce dígitos en su pantalla, esta limitación, a pesar de

que en el estudio se muestran mil decimales del número, influye en dicha decisión (figura 10).

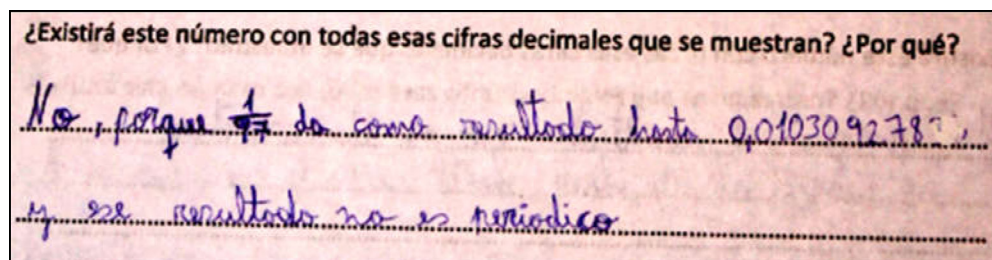


Figura 10. Toma de decisiones de un estudiante sobre la existencia de un número.

Además, el estudiante apela a la noción de periodicidad numérica para indicar que no existe este número, sin embargo, luego, preguntado si se trata de un número racional o irracional, expresa que se trata de un número irracional.

Para el caso del segundo número (tabla 6), este es un número irracional “cebra”, si bien hubo una mayor identificación de la aperiodicidad, aún nueve alumnos no la pudieron reconocer; tres estudiantes no creen que exista un número con esas características y dos no saben si puede o no existir.

Número	Irracional	Racional	No puede determinar	¿Existirá un número con esas características?		
				Sí	No	No sé
$\sqrt{\frac{9}{121} \cdot 100^5 + \frac{(112 - 44 \cdot 50)}{121}}$	18	9	0	22	3	2

Tabla 6. Reconocimiento del número irracional cebra  $f(50)$ .

Fuente. Elaboración propia.

Se debe resaltar que si se intenta emplear la calculadora científica común para verificar la expresión decimal del número irracional cebra  $f(50)$ , ésta no es posible de obtener ya que aparece el mensaje de “math error”. Se trata entonces de una limitación del artefacto tecnológico, no menor, pero que puede subsanarse con el empleo, en el proceso de estudio, de otros artefactos, como la computadora o aplicación para celular.

La periodicidad y la aperiodicidad se mimetizan por ostensión, para el alumno, la aparición de bloques finitos de cifras periódicas es señal de periodicidad infinita (figura 11).





- Las limitaciones de las representaciones usadas durante el proceso de estudio de las nociones de número racional e irracional es otra cuestión que también incide fuertemente en el reconocimiento de un número real.
- El uso, durante el proceso de estudio de la noción de número real, de artefactos tecnológicos: calculadora, aplicaciones para el celular, computadora, etc., con sus potencialidades y limitaciones. Como se muestra en algunas respuestas de los estudiantes, dicho uso incide también en la toma de decisiones de los mismos.

La aparente “transparencia” en nociones como las de “repetición”, “patrón”, “regularidad” y “periodicidad”, y el intento de “reconocimiento”, por parte de los estudiantes, de la periodicidad y no periodicidad, patrones y no patrones, regularidades e irregularidades y pseudo-periodicidad en las cifras decimales, tanto de números racionales como de números irracionales, llevan a que surjan conflictos semióticos en la construcción de la noción de número irracional.

¿Es posible entonces emplear otra forma de representación en el proceso de estudio de los números reales además de las ya clásicas? El apartado siguiente puede traer luz a esta cuestión.

## LA FRACCIÓN CONTINUA COMO HERRAMIENTA PARA DECIDIR LA RACIONALIDAD O LA IRRACIONALIDAD DE UN NÚMERO REAL

Luego de avanzar en la conceptualización del número irracional el docente decide incorporar, a modo de innovación, la noción de fracción continua al proceso de estudio.

Se analizan y estudian algunos números reales desarrollados en fracción continua en notación por cocientes parciales. El profesor intenta la “familiarización” de los estudiantes con el proceso de obtención de dichos cocientes parciales con el fin de lograr el reconocimiento y diferenciación de números racionales e irracionales: los racionales como aquellos en los cuales el proceso de obtención del desarrollo en FC se detiene y los irracionales como aquellos en los que dicho proceso continúa sin fin.

El profesor entrega una lista de números que deben ser clasificados en racionales o irracionales. Los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla 9.

Dichos resultados se pueden contemplar dentro de los parámetros de aciertos “esperados”.

Pero existe, inscripto en el contrato didáctico, un ‘umbral’ bajo el cual la tasa de fracaso será considerada ‘satisfactoria’, es decir, expresión de la superación antiguo/nuevo [...] La enseñanza de un objeto de enseñanza se termina generalmente mucho antes que la tasa de fracaso haya bajado a cero [Chevallard, 1991, p. 78].

Muy pocos alumnos tienen errores en la mayoría de los números propuestos para la identificación. Sólo un número presenta dificultades, se trata de  $\frac{1}{998}$ , esta radica en que para que el alumno logre la expresión en fracción continua:  $\frac{1}{998} = [0;90,1,2,1,2]$ , emplea la calculadora científica, la cual presenta limitaciones que se traducen en errores

Número	Racional	Irracional	No lo sé
$2\sqrt{5}$	1	24	
$\frac{11}{998}$	13	12	
$\frac{3 + \sqrt{13}}{2}$	1	24	
$\sqrt{\sqrt{625}}$	25	0	
$\frac{-3 + \sqrt{3}}{3}$	1	21	3
$\sqrt{\frac{289}{324}}$	22	3	
$-\sqrt{196}$	21	4	
$0,\hat{7}$	20	5	
$\sqrt{\sqrt{5}}$	2	23	
$\frac{5 + \sqrt{2}}{5 - \sqrt{2}}$	6	19	
$\frac{\sqrt{225}}{\sqrt{256}}$	21	4	
$\frac{\sqrt{5}}{2}$	6	18	1

Tabla 9. Resultados obtenidos en actividad de identificación de un número irracional.

Fuente: Elaboración propia.

de redondeo (0,500000005 en vez de 0,5) que provocan que el estudiante continúe el proceso en vez de detenerse por tratarse de un número racional.

¿Por qué los estudiantes no dicen directamente que  $\frac{1}{998}$  es un racional? ¡Es una fracción! El conflicto cognitivo para la identificación de un número irracional ha generado la necesidad de introducir una nueva herramienta, que se concreta en una regla del *contrato didáctico*: “Para saber si es racional o irracional un número se debe determinar su fracción continua”. Pero esta regla genera a su vez una “pérdida” de sentido. En cierto sentido, se “sustituye” el conflicto cognitivo por un “obstáculo didáctico”, que “opaca” el conocimiento previo de la representación de un número racional: “toda fracción de números enteros (con denominador distinto de cero) es un número racional y todo número racional se puede expresar como fracción de números enteros”.

Este error se produce entonces, por un lado, por las limitaciones de los artefactos tecnológicos, y, por otro lado, por cuestiones de contrato didáctico ya que algunos estudiantes quedan “atados” a las representaciones implementadas por el profesor (fracción continua) en detrimento de otras representaciones ya estudiadas (fracción de números enteros).



Nuevamente se ponen de manifiesto restricciones sobre la relación con los objetos matemáticos mediados por sus representaciones (Duval, 2006). Así, la representación no es necesariamente transparente y, por lo tanto, va a precisar información descriptiva adicional en lenguaje verbal o simbólico. Esta información adicional permite la identificación del tipo de número y su clasificación. Con otras palabras, confiere la significación precisa atribuida al número, permitiendo su inteligibilidad en un proceso de estudio.

Resta aún la perspectiva argumentativa en el proceso de reconocimiento de un número irracional, en el apartado siguiente avanzaremos en esa dirección.

## UN PASO MÁS EN EL RECONOCIMIENTO DE LA IRRACIONALIDAD: SU DEMOSTRACIÓN

Sabemos que, desde la cultura matemática, no basta con reconocer si un número pertenece o no al conjunto de los números irracionales, por algún método, sino que es importante explicar o “demostrar” a qué conjunto numérico pertenece.

La ya clásica demostración de la irracionalidad de raíz cuadrada de dos por reducción al absurdo empleando las nociones de número “par” e “impar” (Courant y Robbins, 1964, pp. 67-68) y otras como la prueba del teorema “si  $m$  no es un cuadrado perfecto, entonces  $\sqrt{m}$  es un número irracional” (Gaussianos, 2017), muestran algo de esa cultura.

Pero, como Bergé y Sessa (2003) y Bergé (2015) señalan, para el caso de la noción de completitud del conjunto de los números reales, “requiere que se haya instalado en el aula la necesidad de fundamentación, lo cual supone un recorrido anterior, una cierta «madurez matemática», haber salido del plano de lo evidente y un cambio en el tipo de racionalidad” (Bergé, 2015, pp. 193-194).

Pensamos que, para el caso de la demostración de la irracionalidad de un número, en Educación Secundaria, hace falta, siguiendo a Bergé y Sessa, que se haya instalado, en clase de Matemática, una necesidad de fundamentación que en algunos casos resulta algo compleja para este nivel.

Asimismo, en la actualidad, ya existen “motores de respuestas” como Wolfram Alpha (2021), los cuales permiten preguntar si un número es o no irracional y obtener una respuesta (figura 13).

$$\text{is } \sqrt{\frac{9}{121} \times 100^{50} + \frac{1}{121} (112 - 44 \times 50)} \text{ an irrational number?}$$

Result:

$$\sqrt{\frac{9 \times 100^{50}}{121} + \frac{1}{121} (112 - 44 \times 50)} \text{ is an irrational number}$$

Figura 13. Pregunta realizada a Wolfram Alpha sobre la irracionalidad de un número real.

Fuente: Wolfram Alpha, 2021.

Cabe preguntarse si es conveniente o no el empleo didáctico de estos motores de respuesta cuando un estudiante de secundaria se encuentra en proceso de conceptualización de la noción de número irracional.

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS SOBRE LA IMPORTANCIA DE LA FRACCIÓN CONTINUA EN LA CONCEPTUALIZACIÓN DE LOS NÚMEROS RACIONALES E IRRACIONALES

La inestabilidad de los conocimientos “previos” se muestra en las respuestas de los alumnos como una constante que incide en las *interacciones dialécticas* (Reina, 2016b; 2017) entre objetos matemáticos asociados a la noción matemática que se está estudiando (figura 14).

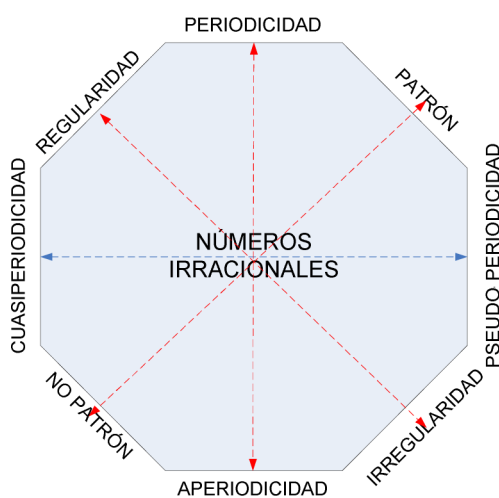


Figura 14. Interacciones didácticas dialécticas entre nociones asociadas a los números irracionales.

Fuente: Elaboración propia.

Los estudiantes tienen dificultades en reconocer la “racionalidad” de un número real que precise el reconocimiento de la repetitividad numérica, el hallazgo de un patrón o de una regularidad numérica (figura 15).

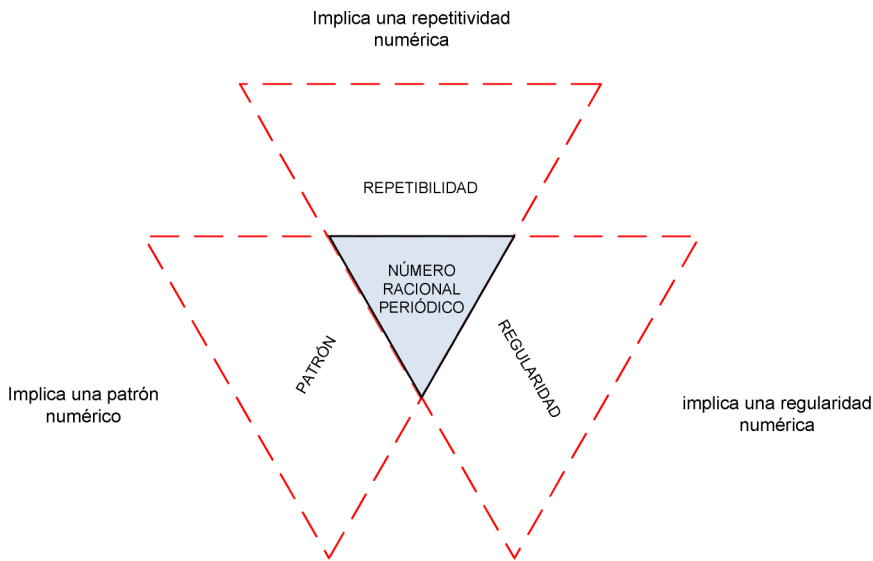


Figura 15. Dificultades asociadas al reconocimiento de los números racionales.

Fuente: Elaboración propia.

Se trata de una dificultad que involucra cuestiones relativas a la cognición, al contrato didáctico o al conocimiento matemático de las nociones implicadas. Entonces lo matemático, lo didáctico y lo cognitivo, en este tipo de actividades se encuentran en estrecha relación (figura 16).

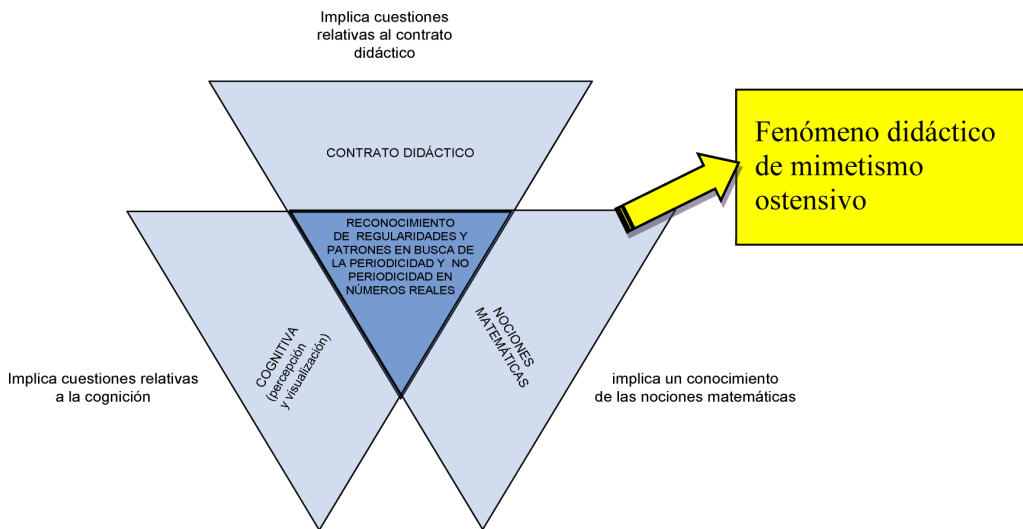


Figura 16. Cuestiones relativas al reconocimiento de patrones y regularidades numéricas en la búsqueda de una periodicidad.

Fuente: Reina, 2016b.

Debemos destacar que el fenómeno de “mimetismo por ostensión” (Reina, 2016b; Reina y Wilhelmi, 2017) se observa, en el caso del reconocimiento de regularidades y patrones en la búsqueda de la periodicidad y de la no-periodicidad numérica, como

producto de la “intersección” entre cuestiones de contrato didáctico (relativas a las actividades matemáticas desarrolladas junto al profesor), cuestiones relativas a la cognición (relativas a la percepción y visualización de las representaciones semióticas del objeto) y al estado de conceptualización de las nociones matemáticas “previas”.

Para los alumnos resulta muy difícil reconocer la aperiodicidad numérica si previamente no se ha explorado y estudiado la periodicidad. Pero tanto en los números racionales periódicos como en los irracionales la incidencia didáctica del infinito matemático o actual es muy importante a la hora de reconocer y clasificar un número real (Reina, 2016b, p. 116). Esto último plantea serios retos en el aprendizaje de la noción de número irracional en Educación Secundaria.

Por último, la conceptualización del número irracional, dada su complejidad didáctica, no puede alcanzarse en su totalidad hasta avanzados los primeros años de estudios superiores.

## CONCLUSIONES Y CUESTIONES ABIERTAS

En relación con las nociones de periodicidad y aperiodicidad numérica se debe tener en cuenta que, si se desea producir esta interacción entre objetos dialécticos, será necesario lograr que los alumnos previamente establezcan su conceptualización de la propiedad de período de un número racional en su expresión decimal. Se debe considerar que, si se lleva adelante un “reconocimiento” de un número irracional por sus cifras decimales solamente, pueden emerger conflictos semióticos asociados a cuestiones relativas al proceso de visualización de un número real que incluyen cuestiones cognitivas, culturales y sociológicas.

En relación con la noción de número fracción continua: puede ser conveniente su introducción en Educación Secundaria para que los alumnos puedan “diferenciar” números irracionales de racionales por medio de un algoritmo viable y eficaz. Asimismo, se debe tener en cuenta la complejidad didáctica de dicho objeto al momento de producir la interacción.

En relación con la noción de fracción continua: esta noción no aparece en forma explícita en el diseño curricular de la Provincia de Mendoza (DGEPM, 2015), se sugiere tener esta noción presente no solo como un algoritmo que permite diferenciar números irracionales y racionales o aproximar números, sino también como un objeto que permite resolver problemas de máximo común divisor, conocer “familias” de números como los “metálicos” y, además, resolver ecuaciones diofánticas lineales, de Fermat-Pell o incluso problemas de circuitos eléctricos.

Las dificultades observadas no implican que las actividades propuestas carezcan de sentido en Educación Secundaria por al menos dos motivos de naturaleza distinta:

- 1) Naturaleza de las matemáticas. La complejidad de la actividad que realizan los estudiantes permite en particular introducir la distinción entre representación y objeto, central en todo el desarrollo de las matemáticas. Asimismo, centra
-

la tarea en la determinación de patrones y, por lo tanto, se está centrando la actividad en la misma esencia de las matemáticas.

- 2) Desarrollo cognitivo. La adquisición de conocimiento matemático exige, desde el punto de vista cognitivo, el enfrentamiento a tareas lo suficientemente ricas y complejas que comporten dificultades, errores, conflictos (Wilhelmi, 2009). Algunos de ellos podrán ser resueltos en un periodo educativo concreto, otros precisarán de una exposición de los estudiantes continuada.

De esta forma, se precisan estudios que, por un lado, analicen el impacto de este tipo de actividades en relación con la naturaleza misma de las matemáticas; actividades que rompan con ciertos estereotipos y usos en Educación Secundaria que desvirtúan la propia esencia de la disciplina (Lockhart, 2008). Asimismo, por otro lado, es necesario valorar el impacto que estas actividades tienen en etapas sucesivas, tanto en la adquisición de conocimientos matemáticos relacionados directamente con el tópico de los conjuntos numéricos como en el desarrollo de otros ámbitos matemáticos por el influjo en la conceptualización de la naturaleza de las matemáticas.

## Referencias

- Bergé, A. (2015). Estudio didáctico de la completitud del conjunto de los números reales [videoconferencia]. *Seminario Repensar las Matemáticas N° 75*. México: Instituto Politécnico Nacional. Recuperado de: <https://repensarlasmatematicas.wordpress.com/otros-ciclos/10ciclo/sesion-s75/s75video/> (consulta: 19 abr. 2019).
- Bergé, A., y Sessa, C. (2003). Completitud y continuidad revisadas a través de 23 siglos. Aportes a una investigación didáctica. *Relime. Revista Latinoamericana de Investigaciones Matemática Educativa*, 6(3), 163-197. Recuperado de: [www.redalyc.org/pdf/335/33560301.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/335/33560301.pdf) (consulta: 14 abr. 2019).
- Carraher, D. W., Martinez, M. V., y Schliemann, A. D. (2008). Early algebra and mathematical generalization. *ZDM Mathematics Education*, 40(1), 3-22. doi:10.1007/s11858-007-0067-7. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/227057183\\_Early\\_algebra\\_and\\_mathematical\\_generalization](https://www.researchgate.net/publication/227057183_Early_algebra_and_mathematical_generalization)(consulta: 28 jul. 2019).
- Castro, E. (1995). *Exploración de patrones numéricos mediante configuraciones puntuales* (pp. 33-34). Granada: Comares.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado* (2a. ed.). Buenos Aires: Aique.
- Chorny, F., Salpeter, C., y Krimker, G. (2009). *Matemática 2/3* (2a. ed.). Buenos Aires: SM.
- Courant, R., y Robbins, H. (1964). *¿Qué es la matemática? Una exposición elemental de sus ideas y métodos*. Madrid: Aguilar.
- DGEPM [Dirección General de Escuelas de la Provincia de Mendoza] (2015). *Diseño curricular provincial. Sector: Electricidad*. Mendoza: Autor.
- Duval, R. (2006). Un tema crucial en la educación matemática: la habilidad para cambiar el registro de representación. *Gaceta de la Real Sociedad Matemática Española*, 9(1), 143-168.
- Gaussianos (2017, ago. 3). *La raíz de un entero (no cuadrado) es irracional*. Recuperado de: <https://www.gaussianos.com/la-raiz-de-un-entero-no-cuadrado-es-irracional/>.

- Godino, J., Font, V., Wilhelmi, M. R., y De Castro, C. (2009). Aproximación a la dimensión normativa desde un enfoque ontosemiótico. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(1), 59-76. Recuperado de: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/132207> (recuperado 28 de julio de 2019).
- Hardy, G. H. (2005). *A mathematician's apology*. Recuperado de: <https://www.math.ualberta.ca/mss/misc/> (consulta: 28 jul. 2019).
- Komatsu, T. (1999). On inhomogeneous diophantine approximation with some quasi-periodic expressions, II. *Journal de Théorie Des Nombres de Bordeaux*, 2(11), 331-334. Recuperado de: [http://www.numdam.org/item?id=JTNB\\_1999\\_\\_11\\_2\\_331\\_0](http://www.numdam.org/item?id=JTNB_1999__11_2_331_0) (consulta: 31 may. 2019).
- Lockhart, P. (2008). El lamento de un matemático. *La Gaceta de la RSME*, 11(4), 739-766. Recuperado de: <http://funes.uniandes.edu.co/8476/1/Lockhart2008El.pdf> (consulta: 28 jul. 2019).
- M. E. C. C. y T. [Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología] (2019). Estructura del sistema educativo: niveles y modalidades. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/educacion/validez-titulos/glosario/estructura-sistema> (consulta: 3 nov. 2019).
- Pickover, C. A. (2007). *Las matemáticas de Oğ*. España: RBA Coleccionables.
- Project Maxima (s.f.). *Maxima, a Computer Algebra System*. Recuperado de: <https://maxima.sourceforge.io/>.
- Reina, L. (2010). La fracción continua y el número irracional. Puntos de encuentro y algunos aportes didácticos. *Encuentro Latinoamericano de Profesores y Estudiantes de Matemática y Ciencias Naturales*. San Rafael, Mendoza, Argentina: IES "Del Atuel".
- Reina, L. (2016a). Construcción de la noción de número irracional en Educación Secundaria: algunos conflictos y dificultades asociados a su enseñanza. *Seminario Repensar las Matemáticas N° 89* [videoconferencia]. México: Instituto Politécnico Nacional. Recuperado de: <https://repensarlasmatematicas.wordpress.com/otros-ciclos/11ciclo/sesion-s89/> (consulta: 3 nov. 2019).
- Reina, L. (2016b). *Simbiosis didáctica curricular entre el número irracional y la fracción continua en Educación Secundaria: restricciones, interacciones e idoneidad* [Tesis de Doctoral]. Universidad Nacional de Cuyo, Argentina. Recuperado de: [http://enfoqueontosemiotico.ugr.es/tesis/Tesis\\_LReina.pdf](http://enfoqueontosemiotico.ugr.es/tesis/Tesis_LReina.pdf) (consulta: 28 jul. 2019).
- Reina, L. (2018). Simbiosis didáctica curricular entre el número irracional y la fracción continua en Educación Secundaria: restricciones, interacciones e idoneidad. En I. Morchio (coord.), H. Difabio, R. Marsollier y G. Boarini, *Tesis doctorales. Aportes a la investigación desde el Doctorado en Ciencias de la Educación*. Mendoza: Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Cuyo. Recuperado de: <http://bdigital.uncu.edu.ar/11210> (consulta: 28 jul. 2019).
- Reina, L., y Wilhelmi, M. R. (2017). Mimetismo ostensivo de objetos matemáticos. El caso de los números irracionales. En J. M. Contreras, P. Arteaga, G. R. Cañadas, M. M. Gea, B. Giacomone y M. M. López Martín (eds.), *Actas del Segundo Congreso Internacional Virtual sobre el Enfoque Ontosemiótico del Conocimiento y la Instrucción Matemáticos*. Recuperado de: [http://enfoqueontosemiotico.ugr.es/civeos/reina\\_wilhelmi.pdf](http://enfoqueontosemiotico.ugr.es/civeos/reina_wilhelmi.pdf).
- Rey, J., Pi, P., y Trejo, C. (1969). *Análisis matemático* (vol. 1, 8a. ed.). Buenos Aires: Kapeluz.
- Spinadel, V. W. de (1995). *La familia de los números metálicos y el diseño*. Centro MAyDI de la Fac. de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires. Recuperado de: <http://cumincades.scix.net/data/works/att/4856.content.pdf> (consulta: 31 may. 2019).

- Spinadel, V. W. de (2003). *La familia de números metálicos* [Cuadernos del CIMBAGE N° 6]. Centro de Matemática y Diseño MAyDI, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.
- Thakur, D. S. (1996). Exponential and continued fractions. *Journal of Number Theory*, 59(97), 248-261. Recuperado de: <https://web.math.rochester.edu/people/faculty/dthakur2/cf2.pdf> (consulta: 28 jul. 2019).
- Wilhelmi, M. R. (2009). Didáctica de las matemáticas para profesores. Las fracciones: un caso práctico. En C. Gaita (coord.), *Enseñanza de las matemáticas IV* (pp. 1-22). Lima: IREM/ Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de: [http://irem.pucp.edu.pe/wp-content/uploads/2011/10/actas\\_2009\\_iv\\_coloquio.pdf](http://irem.pucp.edu.pe/wp-content/uploads/2011/10/actas_2009_iv_coloquio.pdf).
- Wolf, M. (2010). Continued fractions constructed from prime numbers. *arXiv:1003.4015v2 [math.NT]*, 1-35. Recuperado de: <https://arxiv.org/pdf/1003.4015.pdf>.
- Wolfram Alpha (2021). *Wolfram Alpha computational intelligence*. Recuperado de: <https://www.wolframalpha.com/>.
- wxMaxima (s.f.). *wxMaxima*. Recuperado de: <https://wxmaxima-developers.github.io/wxmaxima/>.
-





# Seminario Repensar las Matemáticas como estrategia para la formación de futuros profesores de matemáticas: caso de la modelación matemática

PAULA ANDREA RENDÓN-MESA  
Universidad de Antioquia (Colombia)

JHONY ALEXANDER VILLA-OCHOA  
Universidad de Antioquia (Colombia)

LILIANA SUÁREZ TÉLLEZ  
Instituto Politécnico Nacional-DFIE (México)

## Resumen

Este capítulo analiza cómo una estrategia complementaria, basada en la participación en la comunidad de innovación en formación, aporta al proceso formativo de futuros profesores de matemática en un curso de modelación matemática. Esta estrategia se implementó en un seminario del programa de la Licenciatura de Matemáticas de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia. La participación de los futuros profesores con diferentes sesiones de trabajo del Seminario Repensar las Matemáticas (SRM) les permitió reconocer otros puntos de vista y fortalecer su formación como profesores e investigadores. Los productos de esta indagación (presentaciones orales, discusiones con otros profesores, informes escritos) fueron fuente de información para analizar y responder cómo la alternativa de formación permitió a los futuros profesores de matemáticas reconocer la modelación como una necesidad de su formación profesional y las oportunidades para la implementación en el cotidiano escolar percibiendo la importancia de interrelacionar asuntos que el profesor debe considerar para la innovación y la investigación.

## INTRODUCCIÓN

Desde hace más de diez años, una parte de la investigación en Educación Matemática viene enfocándose en estudios para identificar conexiones, usos y aplicaciones de las matemáticas con otras áreas, con situaciones sociales y de la cotidianidad. Parte de este interés ha permitido consolidar la modelación matemática como un dominio de investigación en Educación Matemática donde la preocupación por la formación de profesores se ha convertido en investigación empírica sobre la enseñanza y el aprendizaje de la modelación (Schukajlow, Kaiser y Stillman, 2018).

La preocupación por la formación de los profesores ha permitido el desarrollo de estudios que busquen dar cuenta, entre otras cuestiones, de los conocimientos y las concepciones que se deben promover en ellos (Cetinkaya, Kertil, Erbas, Korkmaz, Alacaci y Cakiroglu, 2016) y de las estrategias y las experiencias que deben “vivir” a lo largo de sus programas de formación (Cetinkaya *et al.*, 2016; Villa-Ochoa, 2016; Villarreal, Esteley y Smith, 2018). Cetinkaya y colaboradores (2016) diseñaron e implementaron un curso que proporcionó un contexto para que los futuros profesores describieran, evaluaran y refinaran sus concepciones acerca de la naturaleza y la pedagogía de la modelación matemática. Por su parte, Villa-Ochoa (2016) y Villarreal *et al.* (2018) precisaron, en sus programas de formación, que es relevante que los futuros profesores afronten experiencias, de primera mano, que les permitan re-crear ambientes en los que puedan tener un conocimiento tanto de la modelación como de su uso en sus futuras prácticas de enseñanza.

Comprender y considerar los aspectos que se relacionan con la formación de los futuros profesores es un tema relevante para la investigación, requiere de esfuerzos por parte de los formadores e investigadores. Por tanto, en los espacios de formación universitaria donde se estudia la modelación matemática, se requiere de innovaciones sobre el diseño de tareas, la vinculación de estrategias, la participación en comunidades y el desarrollo de experiencias que les permitan a los futuros profesores *vivir* la modelación. En ese sentido, este capítulo se propone analizar cómo una estrategia complementaria, que se basa en la participación con una comunidad de innovación y formación, aporta en el proceso formativo de futuros profesores de matemáticas en un curso de modelación matemática.

Para atender a este propósito se promovió la participación de los futuros profesores del curso en diferentes sesiones del Seminario Repensar las Matemáticas (SRM). Se les invitó a los participantes para que identificaran las comprensiones sobre la modelación que han circulado en el sitio web del SRM (<https://repensar-lasmaticas.wordpress.com>) y a partir de su proceder dar respuesta a la pregunta *¿Cuáles son los aportes que la participación en el SRM ofrece a la formación de futuros profesores en modelación matemática?*

Para lograr el fin propuesto, este capítulo se estructuró en cinco apartados. En el primero de ellos se ofrece una problematización donde se narra el origen de la intervención educativa. En el segundo apartado se presenta una fundamentación y

---

una caracterización de la estrategia de participación en el SRM y su relación con los propósitos del curso de formación en modelación. En el tercer apartado se describe el curso y la implementación de la estrategia complementaria de la cual extrajimos la información que se analizó; seguidamente se presentan los principales aportes de la estrategia. El capítulo cierra con consideraciones y reflexiones que el SRM ofreció a la formación de los futuros profesores para la modelación matemática y para su campo profesional e investigativo.

## PROBLEMATIZACIÓN

Diseñar un curso de formación para futuros profesores que involucra el estudio de la modelación matemática requiere de innovación y de creatividad para explorar un campo tan amplio. Cuando un futuro profesor se acerca por primera vez al estudio de la modelación matemática es necesario que reconozca el carácter epistemológico, investigativo, educativo, didáctico, evaluativo, entre muchos otros que fundamentan el campo investigativo de la Educación Matemática. En este sentido, reconocer las voces de los investigadores, las posturas, las dinámicas, las propuestas metodológicas, los diseños, las actividades, es relevante tanto para ampliar visiones de cómo se relaciona la modelación con/en el aula, cómo se dinamiza un proyecto/tarea de modelación y cómo continúa creciendo como campo investigativo. Sin embargo, un solo curso universitario no es suficiente para ello, tal reconocimiento requiere profundidad y un estudio amplio en el tiempo.

Por las razones expuestas, los profesores formadores deben generar alternativas o estrategias que dinamicen tales necesidades y posibiliten, de manera ágil, ampliar los referentes y las concepciones acerca de este amplio campo de investigación como lo es la modelación matemática en la Educación Matemática. Es por eso que el SRM se convierte en una posibilidad de vincular la formación de profesores, la Educación Matemática, la investigación, la modelación, a partir de los recursos que esta red académica posibilita, y así agilizar y enriquecer el acercamiento que un futuro profesor debe tener acerca de este campo.

## FUNDAMENTACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRATEGIA ESPECÍFICA

En esta sección se presentan los fundamentos y el diseño del curso de modelación matemática orientado a la formación de futuros profesores, así como la implementación de la estrategia que vincula al SRM.

### Fundamentos y diseño del curso de modelación

La investigación sobre las prácticas de enseñanza de los profesores de matemáticas ha evidenciado que una parte de ellas está influenciada por las maneras en que ellos aprendieron de sus profesores durante su formación (Kennedy, 1999; Zaslavsky, 1995). Este hecho sugiere la necesidad de una reflexión profunda sobre el diseño,

---

la implementación y los alcances de las tareas, las experiencias, las reflexiones y las estrategias que hacen parte de los programas de formación.

En el campo de la modelación matemática existe un interés en que los profesores desarrollen tareas y proyectos de modelación, al igual que diseñen e implementen planes de clase. A partir de las experiencias construidas a través de estas estrategias se espera que los futuros profesores tengan información “de primera mano” sobre los aspectos y los significados de la enseñanza y el aprendizaje de la matemática a través de la modelación matemática. Con este propósito en mente, Villarreal *et al.* (2018) señalan que, a través de las experiencias promovidas en un curso de formación inicial de profesores, ellos construyen proyectos en los que evidencian fuertes relaciones entre modelación y los demás recursos utilizados, por ejemplo, la tecnología. Para las autoras, este tipo de experiencias permite que los futuros profesores usen tecnologías para modelar situaciones en las que hubiese sido imposible hacerlo sin ellas.

A partir de una revisión de literatura sobre los conocimientos y las competencias que los profesores deben tener sobre la modelación matemática, Cetinkaya *et al.* (2016) diseñaron e implementaron un curso que incluyó componentes como: actividades de modelación en clase, trabajo grupal (durante tareas de modelación y otras actividades en el aula), uso de tecnología (hojas de cálculo y calculadoras gráficas), examinar las formas de pensar de los estudiantes de secundaria, diseñar una tarea de modelado e implementarla, y discusiones teóricas en clase. Para los autores, en este curso se promovió el desarrollo de ideas sobre la naturaleza de la modelación matemática en las que se involucra qué es la modelación matemática, la relación entre la modelación y la comprensión significativa, y la naturaleza de las tareas de modelación. El curso que diseñaron estos autores también involucró actividades extra-clase (v. g., entrevistas y documentos de reflexión), las cuales se centraron, principalmente, en la provisión de oportunidades para que los futuros profesores cuestionaran las vivencias de clase.

El diseño de cursos para la formación de profesores en modelación matemática puede incluir desarrollo de tarea y de actividades que les permitan a los futuros profesores tener fundamentos teóricos sobre la práctica de modelación y su enseñanza. Adicional a estas tareas y actividades de clase, existen otras experiencias que se pueden ofrecer a los futuros profesores como oportunidades para su desarrollo profesional sobre modelación matemática.

En el marco del Programa de Licenciatura en Matemáticas de la Universidad de Antioquia, desde el 2013 se viene desarrollando un curso denominado Seminario de Especialización I. Este es un curso adscrito al Departamento de Enseñanza de las Ciencias y las Artes de la Facultad de Educación y tiene como propósito aportar a la formación profesional de futuros profesores en componentes conceptuales y prácticos de la modelación matemática. Este curso es un espacio de formación que pretende involucrar a los futuros profesores en experiencias de modelación matemática que se articulen al ejercicio docente en el área y a la actividad investigativa en Educación Matemática. En cuanto al ejercicio docente, se considera que la formación de profe-

---

sores se centra en saberes para considerar las aulas como espacios que posibilitan una construcción de otras relaciones entre las matemáticas y el mundo. En sentido investigativo se espera aportar elementos para la reflexión sobre las prácticas de modelación, posibilidades, limitaciones y desafíos tanto para el aula de clase como para la investigación en la disciplina. Para ello, se pretende involucrar a los futuros profesores con las percepciones actuales frente a la modelación matemática, con el ánimo de contribuir con las discusiones teóricas acerca de la modelación y las aplicaciones en matemáticas.

El curso se propone lograr en los futuros profesores: (i) un reconocimiento de los principales elementos que en la literatura se han reportado frente a la modelación matemática como alternativa investigativa en Educación Matemática y como un recurso en el aula; (ii) el análisis y el reconocimiento de situaciones contextuales a la luz de la modelación matemática; (iii) la identificación de los principales significados, tendencias y perspectivas en la investigación en modelación matemática y las diferentes maneras en que se le pueden dar forma en el aula de clase, y, finalmente, (iv) el fomento de la creación de estrategias para integrar la modelación matemática a los actuales desarrollos investigativos o a las prácticas de los profesores de matemáticas.

A lo largo del curso se implementan actividades como: desarrollo de tareas de modelación matemática, escritos, esquemas, mapas conceptuales, proyectos de modelación matemática, producción de videos y experiencias de modelación para el aula; también se promueve el desarrollo de lecciones de clase y de proyectos de modelación como estrategias de evaluación formativa (Sánchez-Cardona, Rendón-Mesa y Villa-Ochoa, 2021; Villa-Ochoa, Sánchez-Cardona y Rendón-Mesa, 2021). Junto con estas actividades, se promueven reflexiones y debates entre los participantes sobre los componentes teóricos y las implicaciones prácticas de las tareas y actividades de modelación, y también se vinculó una estrategia complementaria que se presenta en el siguiente apartado.

#### Estrategia complementaria: vinculación del SRM

En el desarrollo del curso, en el segundo semestre académico del 2018 y durante la primera semana se vinculó el SRM como una estrategia complementaria, pues se pretendió que esta comunidad académica, que vincula la videoconferencia y los foros de discusión como el vehículo para establecer un diálogo entre los profesores de matemáticas y los investigadores de la Educación Matemática acerca de sus hallazgos sobre algún aspecto del estudio de la misma, posibilite el estudio acerca de la modelación matemática.

La vinculación del SRM al espacio formativo proporcionó a los futuros profesores experiencias o escenarios para reconocer la participación de investigadores, profesores en ejercicio, formadores de profesores, futuros profesores y profesionales y estudiantes en general, y por ende, visibilizar un ambiente para la *colaboración académica*; asunto que establece asociaciones entre instituciones, la conformación de comunidades, la vinculación de repositorios y directorios de conocimiento, la promoción del desarrollo de acciones conjuntas entre pares y especialistas para ofrecer ejemplos de mejores prácticas (Kay, 2006).

---

Los videos, los foros y los documentos que profundizan la comunidad académica se convirtieron en recursos investigativos para el estudio de la modelación matemática como lo presenta la Figura 1.

Inicialmente, los formadores de los futuros profesores realizaron una presentación general del SRM; en ella indicaron los propósitos de formación, la metodología de las sesiones, las rutas y los objetivos de trabajo, de la colaboración, y los materiales que se disponen en su sitio web. Luego de ello, se les pidió a los futuros profesores reconocer las contribuciones que ha hecho el SRM al tema de la modelación matemática.



Figura 1. El SRM en el espacio de formación.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez conocido el SRM, los futuros profesores se distribuyeron en equipos y, al interior de ellos, se asignaron roles para el rastreo de las sesiones sobre modelación matemática. Aun cuando en el sitio web del SRM aparece un listado de sesiones que se enfocan en el tema de la modelación, los futuros profesores decidieron buscar posibles presencias de la modelación en las sesiones no incluidas en la lista. Por subgrupos, identificaron uno a uno los documentos de cada sesión usando para ello las palabras: modelación, modelos y contextos. Los futuros profesores construyeron un documento para cada equipo, en este informaron: número de la sesión, título de la sesión, título del documento y fragmentos en los que se hace uso de los términos anteriores. Como resultado de esta búsqueda encontraron que en sesiones dedicadas a temas de la estadística, uso de gráficos, y conocimiento o formación del profesor se mencionaba de manera indirecta a la modelación. En el Apéndice 3 se encuentra la información de las sesiones compilada por los estudiantes.

La estrategia complementaria permitió que los futuros profesores participaran de sesiones de trabajo en el SRM, revisaran las discusiones, las puestas en común, y

visualizaron este escenario académico como una estrategia permanente y pertinente para reconocer puntos de vista y fortalecer su formación tanto como futuros profesores e investigadores.

## METODOLOGÍA

### Experiencia de innovación en la docencia y los datos

Cuando los futuros profesores rastrearon en las diferentes sesiones del SRM los aportes y las discusiones acerca de la modelación, identificaron significados, ideas y propuestas sobre ella. Como resultado de esta tarea construyeron un informe escrito, realizaron una presentación oral y participaron de una sesión de diálogo con los profesores del curso. Estas tres fuentes de información dieron como resultado diez documentos, cuatro audios de las sesiones de la presentación oral y tres videos de la sesión de diálogo.

### Análisis de datos

Para responder la pregunta que orienta el estudio, el análisis se estructuró en dos fases. En la primera se leyeron los documentos y se revisaron los audios y los videos. Cada investigador utilizó un diseño emergente con el fin de identificar en los datos las evidencias sobre lo que los futuros profesores consideran un aporte significativo del SRM a la modelación matemática. Cada investigador compiló sus hallazgos en una matriz en la que presentó tipología, aporte y el número de seminario en el que se referenció el aporte.

Posteriormente se desarrolló una segunda fase en la que el equipo de investigación discutió las tipologías construidas por cada uno de ellos y se explicaron en colectivo sus significados y sus aportes. Los resultados de esta fase se presentan en la Tabla 1. Esta clasificación se convirtió en categorías de análisis, y posteriormente se revisaron de nuevo los datos en la búsqueda de apartados y ejemplos que ilustran cada categoría. A partir de esta búsqueda se extrajeron fragmentos de los textos o

Tabla 1. Categorías y tipologías para el análisis.

Categoría	Tipología	Características
Modelación matemática: un mosaico de ideas	Modelación como recurso en la clase de matemáticas	Se refiere a las razones que los estudiantes identificaron sobre por qué debe integrarse la modelación en la cotidianidad de la clase de matemáticas
	Modelación y sus comprensiones	Se refiere a las comprensiones de la modelación como estrategia, método, competencia, contenido, entre otros
El aprendizaje de la modelación una continua necesidad para el profesor de matemáticas	Oportunidades para discutir aspectos relacionados con la modelación en el aula	Se refiere a la identificación del uso de contextos y otros aspectos que se deben reconocer para usar la modelación en el aula
	El SRM como espacio de formación continua	Se refiere a las necesidades manifestadas de continuar formándose en la temática

Fuente: Elaboración propia.

de los enunciados de los futuros profesores para ilustrar los hallazgos. A lo largo del texto se usarán seudónimos para hacer referencia a los participantes.

### **¿QUÉ APORTÓ EL SRM A LA FORMACIÓN DE LOS FUTUROS PROFESORES EN MODELACIÓN? ALGUNOS RESULTADOS:**

#### *Modelación matemática como un mosaico de ideas*

Los futuros profesores indagaron en las sesiones de modelación matemática que ha desarrollado el SRM significados, ideas y propuestas que han vinculado los diferentes roles, y buscaron construir sentidos a tales hallazgos; para ello, extrajeron fragmentos que consideraron relevantes y, en algunos casos, hicieron comentarios bien sea en el mismo documento o en las sesiones de discusión que se programaron. Como resultado, construyeron asociaciones con otros términos como: uso de gráficos, representaciones, realidad, importancia de las matemáticas, entre otros. En la Tabla 2 se encuentran ejemplos de los fragmentos que los futuros profesores extrajeron de los foros, los documentos de referencia o complementarios y los comentarios adicionales que ellos hicieron acerca de la temática.

Como resultado de esta interacción con los materiales del SRM, los futuros profesores reconocieron la diversidad de orientaciones, las comprensiones y los objetos de estudio con los que se relaciona la modelación. En la siguiente sección se presentan algunos de ellos.

#### *Modelación como recurso en la clase de matemáticas.*

Tanto en los documentos como en las sesiones de discusión, los futuros profesores resaltaron que la modelación es una manera de enseñar las matemáticas. Para ello, se fundamentaron en las sesiones que se dedicaron a reconocer el papel de la tecnología, de los gráficos y de la experimentación. Por ejemplo, en la sesión plenaria, se presentaron comentarios como:

...la modelación permite que los estudiantes resuelvan problemas en los que hay matemáticas [Margarita].

Se involucran problemas de la realidad de los estudiantes y eso los motiva porque ven la aplicabilidad de las matemáticas [Carlos].

...se ve la importancia de trabajar con la física [Margarita].

A lo largo de su formación, los futuros profesores habían atravesado por cursos de didáctica en los que exploran y discuten el papel de los recursos en la clase de matemática, por ejemplo, reconocen el rol de los materiales manipulativos, los juegos, los problemas, la tecnología, entre otros, como medio para la enseñanza de las matemáticas. Este primer rastreo, el rol de la modelación como un recurso también apareció. Los futuros profesores encontraron varios argumentos que justifican la presencia de la modelación en la enseñanza de las matemáticas, asignaron a la modelación un rol semejante al de otros recursos como medio que posibilita un apren-

---



Tabla 2. Términos y comentarios derivados en el SRM.

Términos asociados	Sesión	Ejemplos de fragmentos extraídos del SRM	Comentarios
Representación	Sesión 93: El lenguaje de los gráficos estadísticos como objeto cultural y académico. 10 de marzo del 2017	<i>Extracto del documento Arteaga, Batanero, Cañadas y Contreras (2011).</i> Los estudiantes resaltaron “Estas representaciones se usan también en las ciencias como puente entre los datos experimentales y las formalizaciones científicas y ayudan a determinar las relaciones entre las variables que intervienen en los fenómenos, para poder modelizarlos” [DocumentoGrupo2]	La modelación involucra representaciones, pero entonces ¿los modelos son gráficos o ecuaciones? [video sesión plenaria] ¿Qué es la modelación? “La esencia del modelaje para mí es un movimiento entre mundos: del mundo del «problema» ... a otro mundo familiar, como el mundo de los símbolos” [DocumentoGrupo5]
	Sesión 90: Reflexiones sobre el aprendizaje del cálculo y su enseñanza. 12 de octubre del 2016	<i>Extracto del documento Hitt y González-Martín (2016).</i> Los estudiantes escribieron: “[los autores] asigna importancia a los procesos de representación y modelación utilizando un enfoque de diseño de tareas y aprendizaje colaborativo en un entorno sociocultural” [DocumentoGrupo1]	
Tareas y resolución de problemas y tareas	Sesión 98: Modelación en la enseñanza: el problema del peso de L'Hopital	<i>Extracto del documento:</i> Los profesores todavía tienen que experimentar la modelación por ellos mismos, les resulta difícil apreciar las potencialidades del uso de tareas de modelación en sus aulas. Para entender el funcionamiento interno de una situación y mantener control sobre el modelo matemático utilizado, es necesario pasar del paradigma empírico (simplemente destinado a predecir a partir de datos) al paradigma teórico (con el objetivo de comprender) para modelar la situación (Maul y Berry, 2001, citados por Caron y Pineau, 2017) [DocumentoGrupo4]	La modelación matemática puede ser vista como el proceso de resolución de problemas que se encuentran en situaciones de la vida real, con toda su complejidad. Ha sido descrita como un proceso multietapa y cíclico (transcriben el ciclo) [DocumentoGrupo4] [En las sesiones 1 y 16 hay una convergencia frente a la] “Dificultad: ¿para qué sirve el conocimiento matemático? Conocimiento matemático visto como un servicio y por ende como una aplicación matemática” [DocumentoGrupo6]
Contextos	Sesión 66. 19 de marzo del 2014	<i>Extracto del Foro:</i> ...¿Por qué este problema tiene que ver con el contexto de los estudiantes? ¿Es real y significativo para los estudiantes que participan en la investigación? ¿Por qué? El sentido de la realidad ha sido discutida por algunos autores, ¿qué considera usted que es la realidad desde su investigación? [énfasis en el original del estudiante, D5] <i>Respuesta a la pregunta:</i> ...así, por ejemplo, cuando decimos que el “60% de la población tiene cáncer” ya hay una <i>abstracción de la realidad</i> . El 60% ya no son las personas con cáncer y ni siquiera el número de personas con cáncer, pero es lo que entra como “realidad (abstraída)” a un proceso de modelación más complejo. Es lo que yo veo que propone Ruth (inicialmente tomado de Henry) como “pseudoconcreto” [énfasis en el original del estudiante, DocumentoGrupo5]	De todo lo que vimos en fin no me queda claro la modelación, porque unos lo ven como experimentos otro como situaciones de la vida real y otros como ejercicios por una cosa es o no es modelación [video sesión plenaria] ¿Qué diferencias hay si hacemos modelación de proyectos o con tareas contextualizadas? [video sesión plenaria]
	Sesión 97: La voz del docente como productor de conocimiento	<i>Extracto del documento Villarreal et al. (2015):</i> Los estudiantes resaltan las ideas de una perspectiva crítica que los autores del texto referencian del trabajo de Kaiser y Sriraman: “La perspectiva de modelación socio-crítica enfatiza el papel de las matemáticas en la sociedad y afirma la necesidad de apoyar el pensamiento crítico sobre el papel de las matemáticas en la sociedad, sobre el papel y la naturaleza de los modelos matemáticos y la función de la modelación matemática en la sociedad” [DocumentoGrupo4]	Nos parece importante resaltar lo que dice la autora que los proyectos de modelación matemática ofrecen a los futuros profesores las condiciones para pensar en el uso de las matemáticas en diferentes contextos reales, imaginar escenarios de modelación matemática para sus futuras clases y discutir el papel de las matemáticas para tratar las preocupaciones sociales [DocumentoGrupo4]

Fuente: Elaboración propia.

dizaje “con sentido” de las matemáticas. En términos de Julie y Mudaly (2007), una de las comprensiones de la modelación es como vehículo para el aprendizaje de las matemáticas; en las evidencias que presentaron los futuros profesores reconocieron ese rol, sin embargo, ello no implica un reconocimiento de los mecanismos sobre cómo hacerlo en sus futuras prácticas. Esto implica la necesidad de un aprendizaje de la modelación y sobre cómo integrarla en las prácticas escolares.

### *Modelación y sus comprensiones.*

En la literatura internacional pueden reconocerse varias comprensiones o perspectivas teóricas de la modelación matemática (Kaiser y Sriraman, 2006; Kaiser, 2017). Esa diversidad también ha circulado por las diferentes sesiones del Seminario Repensar las Matemáticas. En la Tabla 2 se enunciaron términos clave que los futuros profesores identificaron en las sesiones de modelación, como fueron: representación, tareas y resolución de problemas, contextos.

Poder recorrer los contenidos de las diferentes sesiones del SRM permitió a los futuros profesores reconocer la diversidad de comprensiones asociadas a la modelación matemática, asunto que también generó cierto grado de incertidumbre frente a los significados del objeto estudiado. Por ejemplo, en la sesión de discusión se dio el siguiente diálogo:

*Alejandra:* La verdad, después de todo lo visto, yo no sé qué es modelación.

*Profesor:* ¿Por qué dices que no sabes?

*Alejandra:* Es que en la sesión del profesor Francisco Cordero se dice que no es una aplicación, pero en otras uno ve que las matemáticas están presentes en la física, en la economía, en la ingeniería y en la cotidianidad; otros dicen que es una representación, la profesora Ruth muestra que es un proceso y muestra un ciclo, pero otros invitados no hablan de ciclos [tono de voz abrumado].

*Profesor:* Yo quiero resaltar lo que dices, ¡porque la modelación es todo eso y mucho más! Hay muchos términos que van a estar presentes y no todos los investigadores van a estar de acuerdo.

*Camilo:* Pero debe haber algo que los diferencie de otras cosas.

*Profesor:* Sí, a mi juicio, sea cual sea la comprensión de la modelación, hay algo que tienen todas. Una es esa relación o estudio, conexión, que hay entre dos cosas; en la sesión con Arrieta [sesión 13] lo llama “entes”, pero otros autores lo llaman “dominios” o “mundos”. Entonces, modelar es estudiar un algo a través de otro algo [el profesor continuó proporcionando ejemplos sobre por qué los mapas, las maquetas, planos, mapas conceptuales son modelos, aunque no matemáticos].

Este curso es el primer acercamiento formal que los futuros profesores tienen a la modelación en la perspectiva de la Educación Matemática. El contacto que en el curso se generó con las sesiones del SRM proporcionó una panorámica amplia de la diversidad de términos y comprensiones asociadas a la modelación. Sin embargo, en medio de esa diversidad, los futuros profesores manifestaron sentirse abrumados por la sensación de no comprender dado que no logran encontrar “una única definición

---

de lo que sería modelación”. Ese hecho sugiere que en los cursos se requiere de estrategias complementarias que les permitan a los futuros profesores identificar que los diferentes enfoques y énfasis de la modelación están en correspondencia con los posicionamientos teóricos, epistemológicos, contextos escolares, objetivos y alcances de formación que los profesores e investigadores ponen de relieve.

### El aprendizaje de la modelación, una continua necesidad

El acercamiento que tuvieron los futuros profesores a las sesiones del SRM les permitió acceder a información directamente de los investigadores. Este contacto posibilitó un conocimiento de la modelación como una necesidad en su futuro ejercicio profesional. La experiencia con el SRM también ofreció oportunidades para reconocer que el aprendizaje de la modelación es un proceso que no se agota en el desarrollo de un curso específico ni en una sesión del mismo seminario.

### *Oportunidades para discutir sobre la modelación como medio para la enseñanza.*

A lo largo de las sesiones de modelación en el SRM se han discutido temas relacionados con las prácticas sociales (sesión 1), construcción de conocimiento matemático (sesión 13), integración con la tecnología (sesión 66), modelación y sus relaciones con la cultura de los estudiantes (Sesión 86), entre otros. En particular, la preocupación sobre cómo los profesores pueden integrarla en su cotidianidad escolar ha estado presente en el espíritu del SRM y, por tanto, de las sesiones dedicadas a la modelación. Un aspecto recurrente que los futuros profesores identificaron fue la noción de contexto y realidad. Para ellos, las sesiones del SRM aportan a ver las matemáticas más allá de conceptos y procedimientos, por ejemplo, *Carlos* apuntó: “en las sesiones se resalta la modelación, porque le permite a los estudiantes ver las aplicaciones y utilidad de las matemáticas”. Cetinkaya y sus colaboradores (2016), siguiendo los planteamientos de MEA –Modeling Eliciting Activities–, señalan que existen investigadores en Educación Matemática que se centran en la enseñanza (tradicional) de las matemáticas para que sean útiles; esta visión representa una diferencia con quienes comprenden la modelación y el uso de modelos como una forma para que los estudiantes desarrollen sus propias formas de pensar matemáticamente.

Los profesores del curso aprovecharon este comentario para promover una discusión que permitiera diferenciar, por un lado, la modelación y las aplicaciones; por otro, los fines y propósitos que puede tener en el aula para no solo servir de vehículo para el desarrollo conceptual de los estudiantes. Al respecto se motivó a los futuros profesores para referirse a los usos que tenía la modelación en algunas de las sesiones del SRM. A manera de ejemplo, uno de los comentarios que surgió fue el siguiente:

En la sesión 66 con la profesora Ruth Rodríguez se les pidió a los estudiantes simular un desfibrilador con ayuda de un circuito eléctrico. En el documento se dice que se les pidió a los estudiantes

---

hacer un modelo para analizar el voltaje, pero allí se pidió que se argumentara sobre por qué ese modelo, y sobre todo para aprender sobre física. ¿Se podría decir que allí la argumentación y el uso como herramienta para otras ciencias es lo más importante? [*Sandra*].

Así como *Sandra*, otros futuros profesores formularon propósitos de algunas de las sesiones del SRM. Ello permitió que se direccionara la discusión hacia el tipo de tarea que se propuso en los documentos; por ejemplo, en la sesión 66 se preguntó sobre por qué esa tarea podría permitir argumentación y el aprendizaje de la física. Eso llevó a que los futuros profesores se cuestionaran sobre los contextos que ellos mismos podrían usar en su futura práctica como profesores. Así, por ejemplo, *Mónica* mencionó: “pero esas tareas, ¿cómo las podríamos adaptar para nosotros como profesores? Porque nosotros no vamos a enseñar física y no sabemos de física. Uno puede hablar de que ahí debería ser para estudiar su realidad o la cultura”.

Los futuros profesores aprovecharon este comentario para señalar que muchas veces con ese propósito se crean tareas estereotipadas (Villa-Ochoa, 2015) en las que se involucra a los estudiantes en imaginar situaciones “potencialmente reales” pero que en la práctica “crea otra realidad diferente a la realidad extraescolar” (*Profesor*). A partir de allí, se abrió un espacio para interpretar algunas experiencias en investigaciones previas y se discutió sobre la importancia de apoyar a los estudiantes para trascender el uso de las matemáticas fuera del aula, para ello, la modelación es una herramienta fundamental cuando vincula la matemática con el entorno social y cultural. En esta discusión, los ejemplos y las reflexiones de la sesión 86 del seminario permitieron discutir “la manera en que un estudiante se compromete con la realización de una tarea cuando es una tarea de clase [y su diferencia] cuando se resuelve un problema en la vida real en la que se tiene una necesidad” (*Sandra*).

### *El SRM como espacio de formación continua.*

El uso de una estrategia basada en la revisión de las sesiones del SRM como complemento en un curso de modelación puede ofrecer oportunidades para que los futuros profesores reconozcan acciones que pueden realizar para el desarrollo de actividades de modelación en las aulas; también les permite disponer de ejemplos de tareas, situaciones y actividades que pueden retomar en sus futuras prácticas como profesores. Sin embargo, la pregunta por la integración de la modelación en la cotidianidad escolar sigue estando presente. Por ejemplo, en la sesión de discusión, después de reflexionar sobre las oportunidades y condicionamientos que ofrecen los contextos en la comprensión matemática, *Camila* comentó:

Durante el seminario, incluso desde antes, he tenido una pregunta sobre llevar la modelación al aula, y es que yo siempre he visto que en el aula siempre estamos permeados [dinámicas que nos obligan a enseñar] un tema y evaluamos, un tema evaluamos, entonces como tal, ¿cómo se lleva ese contenido? Yo entiendo hasta el momento que el contenido se lleva a la par con la modelación, pero cuando yo aplico modelación en el aula, eso interfiere con las pruebas de Estado [pruebas estandarizadas externas] si en realidad los estudiantes van a aprender los contenidos que se supone

---

deben aprender en la escuela, porque estamos regidos por ciertas normas y ciertas cosas que debemos cumplir y que ellos [los estudiantes] deben aprender [...] entonces, tengo una confusión, con el contenido, ¿cómo llevo el contenido, primero enseñó o qué? [transcripción del audio].

Este comentario de *Camila* es relevante en dos sentidos. El primero de ellos es el cuestionamiento que promovió en el grupo un debate sobre cuál es el fin de la formación en matemáticas y permitió que surgieran consideraciones sobre la diferencia entre “enseñar contenidos” y “formar ciudadanos matemáticamente competentes”, como se declara en el currículo colombiano (Colombia-MEN, 2006). En este último caso, los contenidos son un medio para la formación. Por otro lado, el comentario de *Camila* sugiere una preocupación vigente y continua en el SRM, pues pregunta por la integración de la modelación en el aula, trasciende el reconocimiento y seguimiento de los métodos, los procedimientos o los ciclos de modelación. En el contexto de este debate, la pregunta trascendió la naturaleza de la modelación matemática pues involucró un “cruce” con otros aspectos fundamentales del aula como, por ejemplo, currículo, evaluación y competencias.

El SRM ha dedicado sesiones al estudio de los temas mencionados y en el curso se promovieron espacios para este cruce temático. La interrelación entre diferentes áreas o temáticas de investigación en Educación Matemática podría proporcionar comprensiones y orientaciones sobre una actividad matemática escolar más acorde con la cotidianidad del aula. Esto sugiere nuevas ideas y desafíos para el SRM en tanto sería necesario promover acciones que integren los contenidos y las temáticas de las diferentes sesiones con el fin de promover una mirada alternativa de la complejidad del aula. Una posibilidad serían las sesiones en las que, a partir de un episodio de clase o de la experiencia de un profesor, se promuevan discusiones y análisis desde los diferentes frentes teóricos de los invitados al seminario.

Si bien el contacto que los futuros profesores tuvieron con el SRM les ofreció ejemplos de acciones, tareas y contextos, también es cierto que no fue suficiente para alcanzar una visión más clara sobre el quehacer cotidiano en el aula, ni para informar la toma de decisiones acorde con las condiciones particulares de los contextos escolares. Frente a ello, en los futuros profesores quedó el compromiso de concentrarse posteriormente en los foros con la intención de buscar intereses comunes con otros profesores. Este compromiso también permitió una reflexión sobre las oportunidades que ofrece el SRM para trascender las limitaciones de espacio y de tiempo que existen en los cursos y poder acceder y colaborar de manera asincrónica con los materiales presentes en el sitio web del SRM.

## CONCLUSIONES

La literatura internacional ha reportado un conjunto de conocimientos que los profesores de matemáticas deben desarrollar con el fin proporcionar condiciones para que se integre la modelación en la cotidianidad del aula de matemáticas. En correspondencia con ello, los programas de formación de profesores deben generar

---

acciones concretas para que los futuros profesores tengan experiencias que les permita constituir un conocimiento profesional sobre la modelación, en el que se integre no solo la modelación como actividad matemática, sino también frente a las maneras de actuar al enseñar la modelación (como objetivo) y a través de la modelación (como herramienta). Conforme se evidenció en este capítulo, la experiencia de participación en el SRM aportó en algunas de las componentes de este conocimiento.

El SRM se convirtió en un espacio de iniciación a la diversidad de perspectivas, comprensiones, tareas y alcances de la modelación; por un lado, esta iniciación contribuyó a que los futuros profesores reconocieran la modelación como una necesidad en su formación profesional para poder atender a los desafíos de la formación matemática de sus futuros estudiantes; por otro lado, se convirtió en un punto de partida para que los formadores pudieran diseñar un trabajo que les permitiera comprender las oportunidades que ofrece esa diversidad para una implementación en la cotidianidad escolar acorde con las condiciones propias del contexto educativo.

Por otro lado, el contacto que los futuros profesores tuvieron con el SRM les ofreció oportunidades, aunque no suficientes, para que en su campo profesional tuvieran ejemplos que ilustran potenciales maneras de organizar y gestionar el aula durante las actividades de modelación. Esto se evidenció en la atención que los futuros profesores pusieron no solo a los aspectos teóricos sobre la modelación, sino a las tareas y a las acciones que los investigadores resaltaron en sus artículos o sesiones. La organización y gestión de la clase es uno de los aspectos que Cetinkaya *et al.* (2016) han resaltado como relevantes dentro del conocimiento del profesor de matemáticas. Sin embargo, a pesar de las experiencias proporcionadas sobre este aspecto, la estrategia no es suficiente puesto que la complejidad del aula involucra una integración de la modelación con otros aspectos clave como el currículo, evaluación, gestión de clase, cultura escolar, entre otros. Estas interrelaciones son un aspecto que sugiere nuevos desarrollos para la innovación en el SRM y para la investigación.

Las condiciones escolares son un proceso en continuo cambio. Estos cambios van de la mano de las expectativas de formación de los futuros profesores, el desarrollo de nuevas tecnologías, las oportunidades de comunicación, la configuración de escenarios y disponibilidad de espacios y recursos. Todo ello hace que el aprendizaje de la modelación por parte de los profesores de matemática también sea un proceso en continuo cambio. En ese sentido, un espacio profesional *online* promueve la participación para que los futuros profesores, más allá de las restricciones espaciotemporales que ofrece un curso, puedan tener oportunidades para formarse de manera continua. Ello implica una necesidad adicional de que los formadores de profesores puedan canalizar acciones para otros usos de los recursos que dispone el SRM. Estas acciones deben propender por el reconocimiento de las participaciones de los demás profesores en las sesiones (en el diálogo y en el foro) y no solo de los investigadores invitados. Estas participaciones han generado interacciones con otros profesores y con los investigadores con asuntos también afines a la realidad escolar.

---

## Referencias

- Arteaga, P., Batanero, C., Cañadas, G., y Contreras, J. M. (2011). Las tablas y gráficos estadísticos como objetos culturales. *Revista Números*, (76), 55-67.
- Caron, F., y Pineau, K. (2017). Modelación en la enseñanza: el problema del peso de L'Hospital [documento de trabajo para la sesión 98 del Seminario Repensar las Matemáticas].
- Cetinkaya, B., Kertil, M., Erbas, A. K., Korkmaz, H., Alacaci, C., y Cakiroglu, E. (2016). Pre-service teachers' developing conceptions about the nature and pedagogy of mathematical modeling in the context of a Mathematical Modeling course. *Mathematical Thinking and Learning*, 18(4), 287-314. <https://doi.org/10.1080/10986065.2016.1219932>.
- Colombia-MEN [Ministerio de Educación Nacional] (2006). *Estándares básicos de competencias en Matemáticas*. Bogotá, Colombia: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Hitt, F., y González-Martín, A. (2016). Generalization, covariation, functions and calculus. PME contributions in the last ten years. En A. Gutiérrez, G. Leder y P. Boero (eds.), *Handbook of research on the psychology of Mathematics education* (pp. 3-38). Rotterdam-Taipei: Sense.
- Julie, C., y Mudaly, V. (2007). Mathematical modelling of social issues in school Mathematics in South Africa. En W. Blum, P. L. Galbraith, H.-W. Henn, y M. Niss (eds.), *Modelling and applications in Mathematics education* (vol. 10, pp. 503-510). Boston, MA: Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-29822-1>.
- Kay, R. H. (2006). Evaluating strategies used to incorporate technology into preservice education. *Journal of Research on Technology in Education*, 38(4), 385-410.
- Kaiser, G. (2017). The teaching and learning of mathematical modeling. En J. Cai (ed.), *Compendium for Research in Mathematics Education* (pp. 267-291). Reston, VA: NCTM.
- Kaiser, G., y Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *ZDM - Mathematics Education*, 38(3), 302-310. <https://doi.org/10.1007/BF02652813>.
- Kennedy, M. M. (1999). The role of preservice teacher education. En L. Darling-Hammond y G. Sykes (eds), *Teaching as the learning profession: Handbook of policy and practice* (pp. 54-85). San Francisco: Jossey-Bass.
- Sánchez-Cardona, J., Rendón-Mesa, P. A., y Villa-Ochoa, J. A. (2021). Proyectos de modelación matemática como estrategia de evaluación formativa en un curso para futuros profesores de matemáticas. *Meta: Avaliação*, 13(40), 543-570. <https://doi.org/10.22347/2175-2753v13i40.3243>.
- Schukajlow, S., Kaiser, G., y Stillman, G. (2018). Empirical research on teaching and learning of mathematical modelling: A survey on the current state-of-the-art. *ZDM—Mathematics Education*, 50(1-2), 5-18. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0933-5>.
- SRM [Seminario Repensar las Matemáticas] (2021). *Seminario Repensar las Matemáticas*. Recuperado de: <https://repensarlasmatematicas.wordpress.com>.
- Villa-Ochoa, J. A. (2015). Modelación matemática a partir de problemas de enunciados verbales: un estudio de caso con profesores de matemáticas. *Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación*, 8(16), 133. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.m8-16.mmpe>.
- Villa-Ochoa, J. A. (2016). Aspectos de la modelación matemática en el aula de clase. El análisis de modelos como ejemplo. En J. Arrieta y L. Díaz (eds.), *Investigaciones latinoamericanas de modelación de la matemática educativa* (pp. 109-138). Barcelona: Gedisa.
- Villa-Ochoa, J. A., Sánchez-Cardona, J., y Rendón-Mesa, P. A. (2021). Formative assessment of pre-service teachers' knowledge on mathematical modeling. *Mathematics*, 9(8), 851. <https://doi.org/10.3390/math9080851>.

- Villarreal, M. E., Esteley, C. B., y Smith, S. (2018). Pre-service teachers' experiences within modelling scenarios enriched by digital technologies. *ZDM - Mathematics Education*, 50(1-2), 327-341. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0925-5>.
- Zaslavsky, O. (1995). Open-ended tasks as a trigger for mathematics teachers' professional development. *For the Learning of Mathematics*, 15(3), 15-20.



### APÉNDICE 3. SESIONES DEL SRM

Tabla 3. Descripción de las sesiones del SRM.

Sesión	Tema	Investigador	Documento de referencia	Video
1	Modelación y enseñanza de las matemáticas	Francisco Cordero Osorio	<a href="https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2012/09/44art-videoconf-08-2004.pdf">https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2012/09/44art-videoconf-08-2004.pdf</a>	<a href="https://youtu.be/Jd1mJxiBVM8">https://youtu.be/Jd1mJxiBVM8</a>
13	Las prácticas de modelación y el conocimiento matemático	Jaime Arrieta Vera	<a href="https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2012/09/resumen-jaime-arrieta.pdf">https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2012/09/resumen-jaime-arrieta.pdf</a>	<a href="https://youtu.be/Hz2HX_wLN9I">https://youtu.be/Hz2HX_wLN9I</a>
16	Modelos matemáticos	Patricia Camarena Gallardo	<a href="https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2012/09/s16-matemc3a1ticas-en-el-contexto-de-la-ciencia.pdf">https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2012/09/s16-matemc3a1ticas-en-el-contexto-de-la-ciencia.pdf</a>	<a href="https://youtu.be/8BeeQ19yzzQ">https://youtu.be/8BeeQ19yzzQ</a>
30	Uso de las gráficas en la modelación	Liliana Suárez Téllez	<a href="https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4064799.pdf">https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4064799.pdf</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=YGX4kIGp0gc">https://www.youtube.com/watch?v=YGX4kIGp0gc</a>
52	Modelación matemática y cultura	Jhony Alexander Villa Ochoa	<a href="https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2012/10/sense-of-reality_hamburgo_espac3b1ol.pdf">https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2012/10/sense-of-reality_hamburgo_espac3b1ol.pdf</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=aZEnwyB9VUY">https://www.youtube.com/watch?v=aZEnwyB9VUY</a>
64	Actividad matemática y modelación	Ricardo Nemirovsky	No se llevó a cabo la sesión	
66	Modelación y tecnología en ED	Ruth Rodríguez Gallegos	<a href="https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2014/02/s66-material-de-referencia.pdf">https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2014/02/s66-material-de-referencia.pdf</a>	<a href="https://youtu.be/Bhoz2GppwhM">https://youtu.be/Bhoz2GppwhM</a>
71	El computador como medio de aprendizaje: ejemplo de un enfoque	Abraham Arcavi	<a href="https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2014/01/s71-material-complementario.pdf">https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2014/01/s71-material-complementario.pdf</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=YVps1wgx3DE">https://www.youtube.com/watch?v=YVps1wgx3DE</a>
83	Matemáticas, tecnología, modelación	Rafael Pantoja Rangel	<a href="https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2016/03/s83-documento-de-referencia.pdf">https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2016/03/s83-documento-de-referencia.pdf</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?time_continue=25&amp;v=MjQLzEYglqw">https://www.youtube.com/watch?time_continue=25&amp;v=MjQLzEYglqw</a>
86	Modelación en matemática educativa	Jhony Alexander Villa Ochoa	<a href="https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2016/06/s86-documento-de-referencia.pdf">https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2016/06/s86-documento-de-referencia.pdf</a>	<a href="https://youtu.be/rAPrNP4vYfQ">https://youtu.be/rAPrNP4vYfQ</a>
98	Modelación en la enseñanza	Kathleen Pineau y France Caron	<a href="https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2017/08/s98-documento-de-referencia.pdf">https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2017/08/s98-documento-de-referencia.pdf</a>	<a href="https://youtu.be/smsRIlc_CTQ">https://youtu.be/smsRIlc_CTQ</a>
110	Componentes de un ambiente de modelación	Paula Andrea Rendón Mesa	<a href="https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2019/05/s110-documento-de-referencia.pdf">https://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2019/05/s110-documento-de-referencia.pdf</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=QLqn9gZCLyA">https://www.youtube.com/watch?v=QLqn9gZCLyA</a>

Fuente: Elaboración propia.



TERCERA PARTE

# *REPENSAR*

la enseñanza en las

# **CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES**



# Diseño de un material didáctico como transferencia de conocimiento de la ingeniería didáctica a la cultura financiera

ALMA YERELI SOTO LAZCANO

Instituto Politécnico Nacional – ESCA ST (México)

MARÍA REYNA NAVARRO GARCÍA

Instituto Politécnico Nacional –CECYT 12 (México)

## Resumen

El presente capítulo describe la experiencia en el diseño y validación de material didáctico sobre ahorro para el retiro. Los principales marcos versan sobre la competencia financiera de la evaluación PISA y el perfil de egreso de la educación media superior. El método de investigación fue la ingeniería didáctica y la muestra de participantes voluntarios; con la experimentación se logró una validación local del material en una organización micro-didáctica. La intención de la propuesta presentada es fomentar la cultura financiera en estudiantes del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y representa la concreción de una innovación didáctica que se realizó con la transferencia de conocimiento desde la matemática educativa hacia la cultura financiera. Se construyó en un proyecto multidisciplinario de investigación educativa en el que interactuaron docentes, investigadores y estudiantes para la concreción de propuestas de innovación docente en el ámbito de las didácticas específicas, en este caso, para las ciencias sociales.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es describir la experiencia sobre el diseño y validación de un material didáctico compuesto por siete actividades de aprendizaje de ahorro para el retiro, que permite fomentar la cultura financiera en estudiantes del Instituto Politécnico Nacional (IPN) del nivel medio superior.

El diseño se realizó en el marco de un estudio multidisciplinario titulado “La innovación didáctica en el currículo potencialmente aplicado, centrada en la interdisciplinariedad, aplicado para las áreas de matemáticas, física, bioquímica, cultura financiera y comunicación”. Se eligió a la ingeniería didáctica, transferida desde la matemática educativa, como método de investigación.

La propuesta didáctica consiste en siete actividades de aprendizaje que se diseñaron de manera interconectada, que fueron puestas a disposición de los profesores para guiar su realización en el aula. La intención ulterior es que fueran detonantes del proceso de construcción de conocimientos y el desarrollo de habilidades y aptitudes para la vida en los estudiantes. Se concretó en un manual para el docente con hojas de trabajo para los estudiantes (IPN, 2015).

La experiencia de innovación didáctica que a continuación se describe tuvo dos propósitos fundamentales: el fortalecimiento de la educación económica y financiera de los jóvenes estudiantes y el fomento de la cultura financiera como parte de la formación para la ciudadanía.

La red de actividades se consideró innovadora en el contexto por los motivos que se exponen a continuación. No existe la consideración de la cultura financiera en el currículo oficial, por lo que las actividades se diseñaron aprovechando el perfil de egreso y los contenidos dispuestos en el plan de estudios. Por otro lado, la competencia financiera es fundamental en la formación de los ciudadanos del siglo XXI, y aun cuando en México no ha existido el interés por evaluarla desde las pruebas internacionales, es necesario construir dispositivos didácticos que permitan su aplicación en las aulas de manera integrada al currículo oficial. Por último, se considera metodológicamente valioso que el material didáctico sea producto de los hallazgos de investigación obtenidos por los propios profesores que se interesaron en atender esta área de oportunidad didáctica y curricular.

## PROBLEMATIZACIÓN

La cultura financiera que desde la escuela se debe promover entre los estudiantes representa un gran reto y responsabilidad por parte de todos los actores educativos involucrados. En la etapa de la educación media superior (EMS), los jóvenes estudiantes se incorporarán al mercado laboral en su futuro próximo y es indispensable formarlos para que sean capaces de tomar decisiones financieras asertivas en su vida personal y profesional.

---

Por otro lado, la investigación educativa en el ámbito de la cultura financiera es aún escasa, porque hasta la primera década del siglo XXI fue considerada como un saber necesario en las instituciones educativas. Sin embargo, el interés por este campo es creciente y, por tanto, el uso de los resultados de la investigación sobre la cultura financiera en la docencia será progresivo.

En el año 2011 surgió en el IPN el Seminario Repensar la Cultura Financiera (SRCF), que constituye una acción formativa de profesionalización docente, donde los profesores dialogan con investigadores y expertos, con la intención de compartir conocimiento y experiencia sobre la educación económica y financiera. Las sesiones realizadas hasta el sexto ciclo se insertan en cuatro ejes temáticos: cultura financiera en general, finanzas personales e instrumentos financieros, didáctica específica y desarrollo de la competencia financiera, y cultura financiera en las organizaciones. Por otro lado, las reflexiones y experiencias documentadas por los profesores que participan en las sesiones se insertan en tres grandes ámbitos de innovación: en finanzas personales, en las finanzas de las organizaciones o aspectos didácticos de la educación económico-financiera.

En un esfuerzo conjunto del equipo de investigación que coordina el SRCF, se ha logrado vincular al IPN al interior con sus unidades académicas de nivel medio superior, nivel superior y posgrado, y hacia el exterior, con diversas instituciones que realizan investigación y acciones de divulgación referentes al manejo de las finanzas corporativas y personales, así como de la economía.

Algunas de las instituciones externas que han sido invitadas son: la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Iberoamericana (UIA), el Museo Interactivo de Economía (MIDE), “Saber cuenta” de Banamex, “Adelante con tu futuro” de BBVA (antes BBVA Bancomer), Actinver, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del IPN, Escuela de Economía de París, Centro de Investigaciones Económicas Administrativas y Sociales (CIECAS), entre otras.

Esta vinculación ha servido para que los expertos e investigadores invitados compartan con los docentes resultados de investigación, descripción de proyectos específicos o materiales y dispositivos didácticos que, conjugados con el aprendizaje dialógico generado, han servido para fortalecer e innovar la enseñanza.

La comunidad virtual de aprendizaje del SRCF, en la cual los profesores comparten conocimientos y mejores prácticas, se aloja en una página electrónica donde se encuentran disponibles, como recursos educativos abiertos, los materiales multimedia y los foros de discusión, que han servido como referencia para construir en colaboración experiencias innovadoras en la docencia.

En cada una de las sesiones se puede observar que los tópicos abordados a lo largo de sus seis ciclos son variados, pero todos van encaminados al fortalecimiento y desarrollo de la competencia financiera. Sin embargo, y de manera particular para este proyecto, se eligió el tema de ahorro para el retiro porque es un tópico espe-

---

cializado dentro de la cultura financiera, pero relevante, pertinente y necesario en la formación de los estudiantes.

La competencia financiera no es considerada en el perfil de egreso de la EMS (SEP, 2019), sin embargo, gran parte de los ámbitos que lo conforman son sustancialmente equiparables a la competencia financiera establecida en la prueba aplicada en el Programme for International Student Assessment (PISA).

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2012) concibe esta competencia como la capacidad de los individuos para analizar y evaluar la información financiera básica en la toma de decisiones de su vida cotidiana. Y requiere que las personas vayan más allá de la reproducción del conocimiento acumulado, pues implica la movilización de destrezas cognitivas y prácticas, y otros recursos como actitudes, motivación y valores.

El desarrollo de la competencia financiera obliga a considerar el conocimiento, la comprensión, la destreza, la motivación y la confianza, para aplicarlos en la toma de decisiones sobre situaciones financieras diversas, mejorando el bienestar de la persona y de la sociedad, propiciando desde el aula la formación del individuo como un ente económico activo (OCDE, 2012; SEP, 2019).

Por otro lado, el ahorro para el retiro es la capacidad de reunir dinero periódicamente para obtener un fondo cuando llegue la edad de jubilación de las personas. En México, los fondos son administrados mediante cuentas individuales por los Sistemas de Ahorro para el Retiro (SAR), a través de las instituciones financieras y de seguridad social, reconocidas oficialmente como Administradoras de Fondos (Afores). Dichos sistemas están regulados por la Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro y las leyes de seguridad social.

El principal reto de los sistemas de ahorro para el retiro radica en incentivar la cultura del ahorro en la población y sensibilizarle sobre su futuro, porque desde hace algunos años se sabía que “sólo cuatro de cada diez mexicanos ahorran para el retiro” (Carlos Ramírez, citado en Albarrán, 2014a, ¶ 1). Esta situación se documentó desde el año 2008, cuando se aplicó la Encuesta Nacional de Cultura Financiera a 2,049 familias, donde se encontró que el 96% nunca se informa sobre cuentas de ahorro, inversiones, crédito o fondos de retiro (Banamex-UNAM, 2008).

El antecedente antes citado quedó explícito en un informe realizado por la Asociación Mexicana de Administradoras de Fondos para el Retiro (AMAFORE), donde se indica que el 29% de los mexicanos no se siente capaz de comprender los asuntos financieros relacionados con su retiro (AMAFORE, 2014; Albarrán, 2014b), y son los más jóvenes a quienes menos le importa el tema del retiro.

En un estudio realizado a 3,200 personas entre 15 y 29 años se encontró que no se interesan por el financiamiento de su pensión, ya que 87% de la población aseguró no tener ahorro para su retiro y 61% no ha pensado en hacer un ahorro para este fin (Banamex-UNAM, 2014).

---



Los datos anteriores reflejan la realidad de la sociedad mexicana, que pone de manifiesto la falta de interés en la educación económica y financiera, y, en concreto, el desconocimiento sobre el tema del ahorro para el retiro entre la población más joven. Este fue el motivo por el cual se decidió abordar el tema de ahorro para el retiro en el diseño del material didáctico.

## FUNDAMENTACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA DIDÁCTICA ESPECÍFICA

El diseño didáctico se sustentó en la teoría del currículo potencialmente aplicado (Schmidt, McKnight, Valverde, Houang y Wiley, 1997), que comprende materiales o paquetes didácticos, planes de seguimiento, capacitación y evaluación, y dispositivos organizacionales como redes y comunidades, con un marco de operación explícito, que permiten concretar el currículo planeado (propósitos, objetivos y metas explícitos de una institución educativa) al currículo aplicado, a través de estrategias, prácticas y actividades. A partir de ello es posible mejorar los resultados del currículo logrado (es decir, los conocimientos de los estudiantes, sus ideas, constructos y esquemas) desde una perspectiva profesional y de sistema (Soto, Navarro y Suárez, 2019).

Los materiales curriculares representan cualquier tipo de material destinado a ser utilizado por los estudiantes o aquel que está dirigido a los profesores (que se relaciona directamente con los estudiantes), y debe tener como finalidad coadyuvar con el profesorado en el proceso de planificación, desarrollo y evaluación del currículo. Tradicionalmente, los materiales curriculares tienen un enfoque disciplinar, pero debe tenerse en cuenta que un mismo material puede ser utilizado de manera globalizada (Parcerisa, 2012).

En el currículo potencialmente aplicado el docente cobra especial importancia, porque debe contar con materiales coherentes con el currículo planeado, tener acceso a talleres de familiarización con los materiales y las estrategias, así como a comunidades de seguimiento y evaluación en colegiado. Se presume que se pueden disminuir las distancias que existen entre los currículos planeado y aplicado, a través del currículo potencialmente aplicado, usando los resultados de la investigación educativa y estableciendo elementos sólidos de diseño curricular en el IPN, que se verán reflejados en la pertinencia del diseño de estrategias y materiales didácticos en el trabajo con profesores y estudiantes (Suárez, 2012).

Desde estas perspectivas, el material didáctico se conformó por un conjunto de siete actividades de aprendizaje interconectadas, que fueron puestas a disposición de los profesores para guiar su realización en el aula, con la idea de que fueran los detonantes del proceso de construcción de conocimientos y el desarrollo de habilidades blandas.

La construcción e implementación de las redes de actividades implicó la transferencia del modelo de los paquetes didácticos de matemáticas (PDM, propuesto por la academia institucional de matemáticas del IPN) hacia la cultura financiera, porque

---

responde a las necesidades de un mismo contexto y, además, su marco de referencia sintoniza con la perspectiva teórica de Schmidt *et al.* (1997), que consideran al diseño de materiales como parte del currículo.

El modelo de los PDM permitió caracterizar las actividades para organizar la información, establecer la articulación entre las mismas, así como el entendimiento y el logro de las competencias en los estudiantes (AIM-IPN, 2002). Con base en lo anterior, la caracterización de la red de actividades de cultura financiera se describe de la siguiente manera:

- A. Propósito de la actividad
  - Describe la intención de la actividad de aprendizaje.
- B. Experiencia de aprendizaje
  - Actividad que realizan los estudiantes con guía docente.
- C. Modalidad de trabajo
  - Individual, en equipo o grupal.
- D. Lugar de realización
  - Salón de clases, aula de informática o espacio de aprendizaje fuera del aula o de la Unidad Académica.
- E. Tiempo
  - Duración estimada de la actividad.
- F. Herramientas tecnológicas
  - Equipo de cómputo, software, ambiente virtual o material multimedia requerido.
- G. Referencias curriculares
  - Marco organizativo de evaluación PISA para competencia financiera (OCDE).
  - Competencias favorecidas desde el perfil de egreso de la SEP.
- H. Contenido
  - Tipo de contenido que prevalece: conceptual, procedimental, actitudinal.
- I. Estrategia
  - Estrategia de aprendizaje que se aplica para resolver la actividad.
- J. Representación
  - Forma de presentación de la información por parte del estudiante: organizador textual u organizador gráfico.
- K. Producto
  - Evidencia de aprendizaje que deberán construir y entregar los estudiantes.
- L. Evaluación
  - Criterios de evaluación o resultados de aprendizaje esperados en los estudiantes.

Se utilizaron andamios cognitivos para la concreción de las actividades en el material didáctico, que se conciben como una estructura temporal que sirve a los estudiantes en su aprendizaje para manejar y organizar la información en unidades

---

significativas, analizarlas y producir nuevas respuestas, destrezas y conceptos (Wood, Bruner y Ross, 1976, citados en Zazueta y Herrera, 2009), además de que se desarrollan cuatro meta-habilidades: razonamiento, organización, comunicación y aplicación (Zazueta y Herrera, 2009).

En la red, cada actividad se concibe como parte de un todo, para que los estudiantes tengan mejores condiciones al momento de construir un aprendizaje significativo, independientemente de sus estilos de aprendizaje. Una red puede estar compuesta de las siguientes actividades:

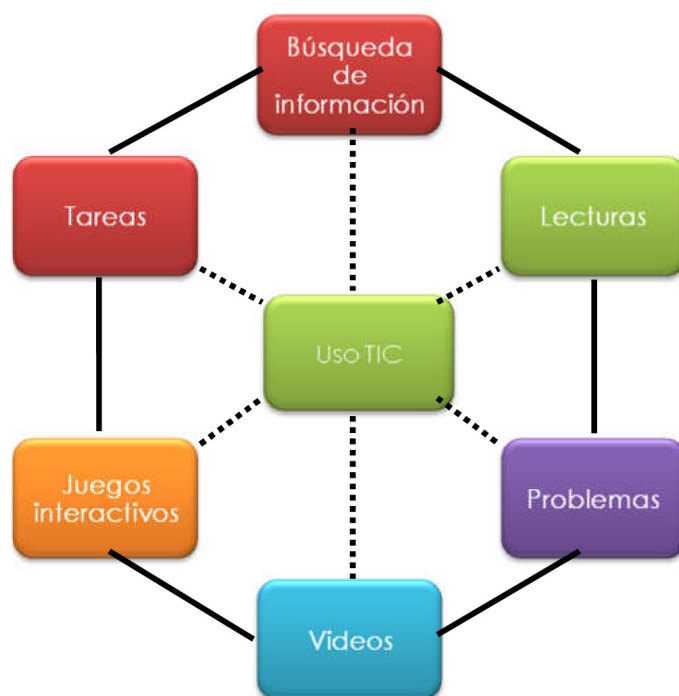


Figura 1. Composición de la red de actividades.

Fuente: Elaboración propia.

- a) Lecturas. Son utilizadas para que los estudiantes se introduzcan y sensibilicen en el tema a tratar. Las estrategias de lectura contribuyen a formar personas analíticas, reflexivas y críticas, con capacidad para la comunicación y argumentación de sus ideas. Es necesario retomarlas en otras actividades relacionadas y hacer las vinculaciones durante el proceso de construcción de aprendizaje.
- b) Búsqueda de información. Provee a los estudiantes de datos, conceptos, teorías, herramientas e información necesarios para la gestión del conocimiento. La consulta de fuentes de información actualizadas sirve para conocer, con mayor oportunidad, los cambios más recientes y relevantes sobre un tema específico.
- c) Problemas. Se presentan mediante enunciados que plantean a los estudiantes interrogantes relacionadas con la temática en turno. Si bien es importante re-

conocer la intervención docente como una guía del aprendizaje, debe quedar claro que son los estudiantes quienes, una vez analizado el problema, deben dar solución al mismo mediante una fórmula, una representación gráfica, un texto o cualquier alternativa que se presente para llegar a un resultado satisfactorio.

- d) Videos. Hoy en día el material audiovisual y multimedia representa un apoyo más para la educación, que muestra las distintas maneras de presentar un mensaje sobre distintos contenidos y contribuye a atender diversos estilos de aprendizaje en el aula. Mediante el análisis del contenido proporcionado y propiciando el diálogo y la interacción con los usuarios, se logra el desarrollo cognitivo de los estudiantes a través del aprendizaje dialógico.
- e) Juegos interactivos. Constituyen un material didáctico novedoso y diferente para este nivel educativo; contribuyen en el proceso de aprendizaje, favoreciendo la apropiación de procedimientos y contribuyendo al desarrollo de diversas habilidades. Los juegos permiten el tratamiento de contenidos de manera lúdica mediante la interactividad del sistema y el usuario.
- f) Tareas. Involucra todas aquellas actividades que se realizan fuera del salón de clases y desde otro entorno, como puede ser la casa que habita, asistencia al museo, concierto, conferencia, banco, casa de bolsa, Banco de México, entre otros espacios de aprendizaje.
- g) Uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC). De manera transversal se requiere que los estudiantes incorporen las TIC en la construcción de las actividades de aprendizaje, les ayuda a tener una interacción y comunicación más expeditas y desarrollar habilidades digitales para la gestión de archivos y de la información.

Cada uno de los nodos que conforman la red de actividades (ver figura 1) se debe considerar desde la planeación didáctica de la unidad de aprendizaje donde se incorporarán, así como la forma en que se relacionan entre ellas y el uso de las TIC para su realización.

## **EXPERIENCIA DE INNOVACIÓN EN LA DOCENCIA**

### Fase 1. Diseño del material didáctico

El diseño del material didáctico requirió un análisis para la alineación curricular, que se construyó a partir del perfil de egreso de la educación media superior y el marco de referencia de PISA (tabla 1).

Como se puede observar en la tabla 1, existen relaciones entre las dimensiones que presenta PISA para la competencia financiera y el perfil de egreso de la EMS, no obstante, son indirectas.

Se aprovechó el carácter de transversalidad de la competencia financiera y se procedió a analizar el mapa curricular de las escuelas del IPN donde se aplicaría el

---

Tabla 1. Competencias relacionadas con la cultura financiera.

Ámbitos de formación en el perfil de egreso de la EMS (SEP)	Marco organizativo de la Competencia financiera de PISA (OCDE)
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lenguaje y comunicación. Se expresa con claridad en español de forma oral y escrita. Identifica las ideas clave en un texto o discurso oral e infiere conclusiones a partir de ellas, obtiene e interpreta información y argumenta con eficacia. Se comunica en inglés con fluidez y naturalidad.</li> <li>2. Pensamiento matemático. Construye e interpreta situaciones reales, hipotéticas o formales que requieren de la utilización del pensamiento matemático. Formula y resuelve problemas, aplicando diferentes enfoques. Argumenta la solución obtenida de un problema con métodos numéricos, gráficos o analíticos.</li> <li>3. Expresión y comprensión del mundo natural y social. Obtiene, registra y sistematiza información, consultando fuentes relevantes, y realiza los análisis e investigaciones pertinentes. Comprende la interrelación de la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente en contextos históricos y sociales específicos. Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.</li> <li>4. Pensamiento crítico y solución de problemas. Utiliza el pensamiento lógico y matemático, así como los métodos de las ciencias para analizar y cuestionar críticamente fenómenos diversos. Desarrolla argumentos, evalúa objetivos, resuelve problemas, elabora y justifica conclusiones y desarrolla innovaciones. Asimismo, se adapta a entornos cambiantes.</li> <li>5. Habilidades socioemocionales y proyecto de vida. Es autoconsciente y determinado, cultiva relaciones interpersonales sanas, se autorregula, tiene capacidad de afrontar la adversidad y actuar con efectividad y reconoce la necesidad de solicitar apoyo. Tiene la capacidad de construir un proyecto de vida con metas personales. Fija metas y busca aprovechar al máximo sus opciones y recursos. Toma decisiones que le generan bienestar presente, oportunidades y sabe lidiar con riesgos futuros.</li> <li>6. Colaboración y trabajo en equipo. Trabaja en equipo de manera constructiva y ejerce un liderazgo participativo y responsable, propone alternativas para actuar y solucionar problemas. Asume una actitud constructiva.</li> <li>7. Convivencia y ciudadanía. Reconoce que la diversidad tiene lugar en un espacio democrático, con inclusión e igualdad de derechos de todas las personas. Entiende las relaciones entre sucesos locales, nacionales e internacionales, valora y practica la interculturalidad. Reconoce las instituciones y la importancia del Estado de Derecho.</li> <li>8. Apreciación y expresión artísticas. Valora y experimenta las artes porque le permiten comunicarse y le aportan un sentido de identidad. Comprende su contribución al desarrollo integral de las personas. Aprecia la diversidad de las expresiones culturales.</li> <li>9. Atención al cuerpo y la salud. Asume el compromiso de mantener su cuerpo sano, tanto en lo que toca a su salud física como mental. Evita conductas y prácticas de riesgo para favorecer un estilo de vida activo y saludable.</li> <li>10. Cuidado del medio ambiente. Comprende la importancia de la sustentabilidad y asume una actitud proactiva para encontrar soluciones sostenibles. Piensa globalmente y actúa localmente. Valora el impacto social y ambiental de las innovaciones y avances científicos.</li> <li>11. Habilidades digitales. Utiliza las Tecnologías de la Información y la Comunicación de forma ética y responsable para investigar, resolver problemas, producir materiales y expresar ideas. Aprovecha estas tecnologías para desarrollar ideas e innovaciones</li> </ol>	<p style="text-align: center;">Contenidos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dinero y transacciones             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Son conscientes de las distintas formas y utilidades del dinero</li> <li>• Tienen confianza y son capaces de manejar y supervisar transacciones</li> </ul> </li> <li>2. Planificación y gestión financiera             <ul style="list-style-type: none"> <li>• El conocimiento y la capacidad para controlar ingresos y gastos</li> <li>• El conocimiento y la capacidad de utilizar los ingresos y otros recursos disponibles a corto y a largo plazo para aumentar el bienestar financiero</li> </ul> </li> <li>3. Riesgo y beneficio             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocer que determinados productos (incluidos los seguros) y procesos (como el ahorro) financieros pueden utilizarse para gestionar y compensar distintos riesgos (en función de diferentes necesidades y circunstancias)</li> <li>• Aplicar los conocimientos sobre la forma de gestionar el riesgo, incluidas las ventajas de la diversificación y los peligros del impago de facturas y contratos de crédito, a decisiones</li> <li>• Conocer y gestionar los riesgos y beneficios asociados a acontecimientos de la vida, la economía y otros factores externos</li> <li>• Conocer los riesgos y beneficios asociados a los sustitutos de los productos financieros</li> </ul> </li> <li>4. Panorama financiero             <ul style="list-style-type: none"> <li>• El conocimiento de los derechos y deberes y la capacidad para aplicarlo</li> <li>• El conocimiento y la comprensión del entorno financiero</li> <li>• El conocimiento y la comprensión del impacto de las decisiones financieras incluso sobre terceros</li> <li>• El conocimiento de la influencia de factores económicos y externos</li> </ul> </li> </ol> <p style="text-align: center;">Procesos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar información financiera</li> <li>2. Analizar información en un contexto financiero</li> <li>3. Valorar cuestiones financieras</li> <li>4. Aplicar el conocimiento y la comprensión financiera</li> </ol> <p style="text-align: center;">Contextos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Educación y trabajo</li> <li>2. Hogar y familia</li> <li>3. Personal</li> <li>4. Social</li> </ol> <p style="text-align: center;">Factores no cognitivos (actitudes de motivación y confianza):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceso a la educación y formación</li> <li>2. Acceso al dinero y a los productos financieros</li> <li>3. Actitudes y confianza respecto a las cuestiones financieras</li> <li>4. Conducta de gasto y ahorro</li> </ol>

Nota: Es necesario identificar estas capacidades aplicadas a tópicos en específico, por ejemplo, la comprensión y capacidad de compra del dinero en el tiempo mediante el cálculo del valor presente neto (VPN), la inflación y el rendimiento, son aprendizajes necesarios en la actividad 3. Las competencias son las establecidas en SEP (2019) y el marco organizativo de la competencia financiera es de la OCDE (2012).

material didáctico; se encontró como área de oportunidad que existía relación entre los ámbitos y contenidos mencionados en la tabla 1 y los contenidos tratados en las diversas unidades de aprendizaje del plan de estudios, entre las que se encuentran: Matemáticas, Desarrollo Sustentable, Cálculos Financieros, Ética, Desarrollo personal, Administración, entre otras.

Por lo anterior, se consideró conveniente diseñar la red de actividades con la posibilidad de incorporarse como parte de las estrategias didácticas de las unidades de aprendizaje que se imparten. El material didáctico se conformó con las actividades descritas en la tabla 2.

Tabla 2. Ficha de la red de actividades *Ahorro para el retiro*.

Actividad	Tiempo	Búsqueda de				Juegos	
		información	Lecturas	Problemas	Videos	interactivos	Tareas
1. No me hables en chino	1 hora	✓	✓				
2. ¿Seremos capaces de financiar la jubilación?	1 hora	✓	✓				
3. ¿Y eso, con qué se come?	1 hora	✓	✓				
4. ¡Adiós muchachos, compañeros de mi vida!	2 horas	✓		✓			
5. Di por qué, dime...	1 hora	✓			✓		✓
6. Por aquí, por aquí, por aquí...	1 hora					✓	
7. ¡Ahorra seremos felices!	1 hora	✓	✓				✓
Orden	Las actividades se han organizado en el orden indicado, aunque su uso didáctico es flexible, por lo que se sugiere consultar la ficha de caracterización de cada actividad y decidir en qué momento es adecuada su incorporación.						
Temática	Ahorro para el retiro						
Competencias	Competencias del perfil de egreso de la EMS (SEP) Competencia financiera de PISA (OCDE)						
Representaciones	Textuales y gráficas (principalmente)						
Tecnología	Equipo de cómputo, Internet, juego interactivo, material multimedia, calculadora financiera.						
Producto integrador	Glosario de términos sobre "Ahorro para el retiro" Cuadro C-Q-A resuelto Reporte de análisis e interpretación del estado de cuenta de la Afore Informe de la solución al problema ¿Cuándo te jubilas? Diagrama de flujo sobre el cálculo para exentar impuestos Reflexión sobre los hábitos de ahorro personal Plan estratégico de ahorro e Inversión						

Fuente: Elaboración propia.

La red de actividades de aprendizaje del ahorro para el retiro tiene como intención sensibilizar al estudiante sobre el aumento de la esperanza de vida en la población mexicana durante las últimas décadas y el impacto que este fenómeno ha tenido en el sistema de pensiones. Se pretendió que los estudiantes tomaran conciencia sobre la importancia del hábito del ahorro a largo plazo de manera informada y estén en posibilidades de tomar decisiones adecuadas sobre la gama de inversiones que ofrecen diversas instituciones, para solventar sus necesidades una vez llegada su edad para el retiro (ver tabla 2).

Tabla 3. Caracterización de la actividad 3.

¿Y eso, con qué se come?

<i>Propósito de la actividad.</i> Analizar los conceptos que se manejan en el estado de cuenta de Afore para comprender la información contenida en el mismo.	
Experiencia de aprendizaje	Análisis de los conceptos que componen el estado de cuenta de la Afore
Modalidad de trabajo	Individual
Lugar de realización	En casa y en el salón de clases
Tiempo	1 hora
Herramientas tecnológicas	Andamio en archivo electrónico, computadora, acceso a Internet, procesador de textos
Referencias curriculares	Perfil de egreso SEP Pensamiento crítico y solución de problemas Utiliza el pensamiento lógico y matemático, así como los métodos de las ciencias para analizar y cuestionar críticamente fenómenos diversos. Desarrolla argumentos, evalúa objetivos, resuelve problemas, elabora y justifica conclusiones y desarrolla innovaciones. Asimismo se adapta a entornos cambiantes.
	Marco de referencia de la competencia financiera de PISA Contenidos: dinero y transacciones. Riesgo y beneficio Procesos: identificar información financiera. Analizar información en un contexto financiero Contexto: personal Factores no cognitivos: acceso al dinero y a los productos financieros
Contenido	Procedimental
Estrategia	Lectura guiada
Representación	Organizador textual
Producto	Reporte de análisis e interpretación del estado de cuenta de la Afore
Evaluación	Se espera que el(la) estudiante: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifique los términos de mayor relevancia en el estado de cuenta de la Afore</li> <li>• Reflexione de forma crítica sobre lo que ofrece una u otra Afore a partir de su comparación</li> <li>• Interprete el estado de cuenta de la Afore a partir del análisis de los datos que proporciona</li> <li>• Comprenda la capacidad de compra del dinero en el tiempo asociado a la inflación y el beneficio (en <math>T_0, T_1, \dots, T_{25}, T_{26}, T_{27}, \dots, T_{30}</math>) VPN</li> </ul>

*Observaciones:* Esta actividad puede extenderse para vincularse con otras unidades de aprendizaje, porque a partir de las cifras expresadas en el estado de cuenta, se pueden realizar cálculos financieros que permitan hacer proyecciones de ahorro.

Fuente: Elaboración propia.

Al abordar de inicio el fenómeno de la explosión demográfica en las actividades, se obliga a la reflexión del estudiante sobre esta problemática cada vez mayor en nuestro país y sobre las causas que provocaron las reformas a las leyes de pensiones. A partir de este antecedente, se vinculan las demás actividades para promover el desarrollo de competencias encaminadas a hacerse responsable del propio ahorro para el retiro. Para cada actividad se construyó una ficha que describe su caracterización (como la que se muestra en la tabla 3) y de acuerdo con los elementos explicados en el modelo de los PDM.


Posteriormente se diseñaron los andamios cognitivos como hojas de trabajo que permiten a los estudiantes construir las actividades de aprendizaje (ver figuras 2 y 3).

**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
"La Técnica al Servicio de la Patria"

**Andamio cognitivo "¿Y eso con qué se come?"**

Nombre(s): \_\_\_\_\_  
 Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_  
 Profesor(a): \_\_\_\_\_ Unidad de aprendizaje: \_\_\_\_\_

Instrucciones: Realiza una búsqueda de información en Internet en los sitios que se sugieren en la tabla posterior (da clic en los hipervínculos) y toma nota. Consulta al menos dos páginas electrónicas de Afores diferentes y revisa qué beneficios proporcionan (rendimientos, comisiones, etc.). Luego revisa cómo se lee un estado de cuenta de Afore.

 Datos de los Afores	<a href="#">Elige de la lista los Afores que te interese conocer</a>
Estado de cuenta Afore	<a href="#">¿Cómo se lee un estado de cuenta de Afore?</a>

En la siguiente tabla registra los datos que consideres más relevantes sobre lo que ofrecen las dos Afores que elegiste.

Afore 1	Afore 2
---------	---------

---

**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
"La Técnica al Servicio de la Patria"

Analiza con tus compañeros(as) y con el (la) profesor(a) los datos contenidos en el estado de cuenta del ejemplo (ver las siguientes dos páginas). A partir de la información expresada, indica el estado que guarda la cuenta individual del ahorro para el retiro, considerando las distintas aportaciones que se realizan. Redacta las conclusiones en el siguiente reporte indicando ¿Cómo puedes interpretar los hábitos de ahorro de Raquel Espinoza? ¿Qué Afore elegirías tú? Y ¿Por qué?

**Reporte de análisis e interpretación del estado de cuenta de la Afore**

Datos relevantes del estado de cuenta:

Tus conclusiones sobre los hábitos de ahorro:

**Cultura Financiera**

Figura 2. Actividad 3, hojas 1 y 2.

Fuente: Elaboración propia.



Cultura Financiera

## Tu Afore

ESTADO DE CUENTA / CUENTA INDIVIDUAL

Periodo que comprende este estado de cuenta: 01/01/2011 AL 30/04/2011

Cuenta tengo en mi cuenta individual\* \$ 452,589.00

---

**Mis datos**

RADUELA ESPINOZA CHAVEZ  
AV. REVOLUCION 328  
INDUSTRIAL  
CUSTODIO A HONORARIO  
C.P. 07820 - SCM 0564545\_896  
0800124790102488

**Atención al público**

CUMF ESKR7001340CR012  
RFC ESKR700134070  
M01 30917200001

---

**Resumen General**

Concepto	Saldo Anterior	Aportaciones	Retiros	Rendimientos	Comisiones	Saldo Final
MI Ahorro para el retiro	\$414,159.00	\$46,921.00	\$0.00	\$4,905.45	\$566.45	\$429,419.99
MI Ahorro voluntario	\$0.00	\$2,654.55	\$0.00	\$81.17	\$0.32	\$2,735.40
<b>MI Ahorro para la vejez**</b>	<b>\$20,439.67</b>			<b>\$-5.66</b>		<b>\$20,434.01</b>
<b>TOTAL DE MI AHORRO</b>						<b>\$452,589.00</b>

\* Tu saldo de cuenta MI AFORE abono por tu Afore, una por las instituciones de vivienda. Lo Afore así como fondo esta información a sus clientes para que pueda realizar algunas acciones relacionadas con su cuenta MI AFORE. Cuentas MI AFORE en otras AFORE. \*\* AFORE para el retiro. \$452,589.00.

**A mayor RENDIMIENTO NETO, mayor pensión.**

AFORE	RENDIMIENTO <sup>1</sup>	COMISIONES <sup>2</sup>	RENDIMIENTO NETO
ING	8.02%	1.88%	6.13%
IOU	7.70%	1.80%	5.90%
Profuturo GNP	7.72%	1.52%	6.19%
HSBC	7.13%	1.52%	5.61%
Bancomer	7.18%	1.45%	5.73%
Principal	7.19%	1.50%	5.69%
Industria	6.73%	1.12%	5.60%
Banquear	6.87%	1.40%	5.47%
Afore Baja	6.84%	1.51%	5.33%
Morelia	6.75%	1.49%	5.25%
Afore	6.89%	1.99%	4.90%
Coppel	6.31%	1.70%	4.61%
PensionSSSTE	5.42%	1.00%	4.42%
Invermap	5.55%	1.72%	3.83%
Banorte General	4.86%	1.48%	3.38%

RENDIMIENTO COMISIÓN = RETIRO NETO

1. Rendimiento bruto de los últimos 36 meses de enero de 2011.  
2. Comisiones vigentes.  
3. El rendimiento bruto resulta de la resta del rendimiento menos la comisión.

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
"La Técnica al Servicio de la Patria"

**Ahorro voluntario**

Aportaciones voluntarias	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Aportaciones complementarias del retiro	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Aportaciones de ahorro de largo plazo	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Aportaciones de ahorro solidario	\$0.00	\$2,654.55	\$0.00	\$81.17	\$0.32	\$2,735.40
<b>SUBTOTAL DE MI AHORRO</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$2,654.55</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$81.17</b>	<b>\$0.32</b>	<b>\$2,735.40</b>
<b>TOTAL DE MI AHORRO</b>	<b>\$434,599.25</b>	<b>\$12,831.47</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$9,290.80</b>	<b>\$565.79</b>	<b>\$452,589.00</b>

**Valor Actual**

Periodo de Pago	Valor Actual	Valor Nominal
Actual	\$452,589.00	\$139,900.00
Periodo de Rendimiento (36 meses)	\$12,831.47	\$348,707.43

**DATOS FISCALES**

RAZÓN SOCIAL: \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN FISCAL: \_\_\_\_\_

RFC: \_\_\_\_\_

**Si eliges pensionarte por Ley 73...**

De tu Afore se te entregará...

SAB 1997  
SAR 1998  
SETRIO 1997

Y estos recursos se otorgan al Gobierno Federal para el pago de tu pensión

Comisión y pago a Cuenta Social  
DEFINIMAT 1997

Figura 3. Actividad 3, hojas 3 y 4.  
Fuente: Elaboración propia.

Ya diseñadas las actividades, se integraron en el manual para el docente y el manual para el estudiante. En la tabla 4 se muestra la estructura de cada uno de estos documentos.

Tabla 4. Contenido de los materiales didácticos diseñados.

Manual del docente	Manual del estudiante
Listado de abreviaturas	Listado de abreviaturas
Bienvenida	Andamio cognitivo “No me hables en chino”
Introducción	Andamio cognitivo “¿Seremos capaces de financiar la jubilación?”
Red de actividades de aprendizaje	Andamio cognitivo “¿Y eso con qué se come?”
Caracterización de la red de actividades	Andamio cognitivo “¡Adiós muchachos, compañeros de mi vida!”
Referencias de aplicación de la red de actividades	Andamio cognitivo “Di por qué, dime...”
No me hables en chino	Andamio cognitivo “Por aquí, por aquí, por aquí...”
¿Seremos capaces de financiar la jubilación?	Andamio cognitivo “¡Ahorra seremos felices!”
¿Y eso con qué se come?	Disco compacto
¡Adiós muchachos, compañeros de mi vida!	Hipervínculos
Di por qué, dime...	Fuentes de información
Por aquí, por aquí, por aquí...	
¡Ahorra seremos felices!	
Andamio cognitivo “No me hables en chino”	
Andamio cognitivo “¿Seremos capaces de financiar la jubilación?”	
Andamio cognitivo “¿Y eso con qué se come?”	
Andamio cognitivo “¡Adiós muchachos, compañeros de mi vida!”	
Andamio cognitivo “Di por qué, dime...”	
Andamio cognitivo “Por aquí, por aquí, por aquí...”	
Andamio cognitivo “¡Ahorra seremos felices!”	
Disco compacto	
Hipervínculos	
Fuentes de información	

Fuente: Elaboración propia.

Ya integrados ambos manuales, se realizó la revisión final, se preparó la impresión y el formato electrónico.

#### Fase 2. Experimentación del material didáctico

Se eligió el modelo de la ingeniería didáctica como método de investigación; sus fases se muestran en la figura 4.

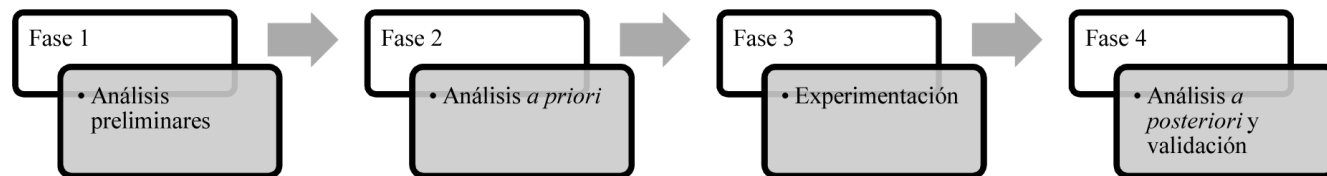


Figura 4. Fases de la ingeniería didáctica.

Fuente: Elaboración con base en Artigue, Douady, Moreno y Gómez, 1995, p. 38.

La ingeniería didáctica surgió en la matemática educativa en la década de los años 80 en el siglo XX. Se eligió para este proyecto porque es un modelo que sirve para el diseño didáctico y, a su vez, como método de investigación de enfoque cualitativo. Para su transferencia al estudio de un material didáctico sobre cultura financiera, se realizaron adecuaciones en la recolección de datos para su aplicación.

Artigue *et al.* (1995) conciben a la ingeniería didáctica como un esquema experimental basado en las “realizaciones didácticas” en clase, es decir, como se conciben, realizan, observan y analizan las secuencias de enseñanza. Distinguen dos tipos de variables de comando: las macrodidácticas, que permiten la observación de la organización global de la ingeniería, y las variables microdidácticas, que permiten la observación de la organización local de la ingeniería o de una secuencia de enseñanza. Para fines del proyecto de investigación, se llevó a cabo un estudio de variables microdidácticas o locales, pertinentes a la organización local de la ingeniería, porque sólo se puso a prueba la organización de cuatro de las siete secuencias o fases de la ingeniería global (red de actividades).

Para orientar la observación de la realización didáctica fue necesario establecer las categorías preliminares de análisis. Se construyó el marco de referencia con los modelos teóricos sobre los materiales curriculares y las fases establecidas en la ingeniería didáctica. Después se realizó una síntesis de las categorías y se construyó la matriz de congruencia metodológica (tabla 5).

No se comprometió el análisis de todas las categorías y subcategorías establecidas en la tabla 5, porque sólo se tomaron como posibles análisis *a posteriori* (antes de la realización didáctica). Una vez realizado el análisis de los datos de enfoque cualitativo fue posible determinar las categorías y subcategorías observadas en la realización didáctica.

Por cuestiones ajenas al equipo de investigación, fue necesario conformar la muestra y hacer la realización didáctica con un grupo experimental y no en el escenario natural, debido a que no se pudo obtener el acceso a la institución educativa. Ante la imposibilidad de llevar a cabo la experimentación directamente en clase, se diseñó e implementó el taller titulado “Análisis e implementación de materiales didácticos transversales”, al que asistieron los participantes voluntarios, y se creó el ambiente requerido para cumplir con las etapas de la ingeniería didáctica.

La muestra de participantes voluntarios se constituyó por tres unidades de análisis: ocho docentes que imparten clase en nivel medio superior del IPN, 15 estudiantes o recién egresados del nivel medio superior del IPN. Asimismo, se eligieron cuatro de las siete actividades que componen a la red para la experimentación (ver tabla 6).

A continuación se describe cómo se aplicaron las cuatro fases de la ingeniería didáctica:

- I. Los análisis preliminares o de las concepciones, se llevaron a cabo con la revisión de literatura concretada en la tabla 5 y con el apoyo de un cuestionario de preguntas abiertas. Este instrumento se aplicó antes de la realización

Tabla 5. Matriz de congruencia metodológica.

Categorías	Subcategorías	Indicadores
1 Dimensión epistemológica	1.1 Filosofía y ámbito de aplicación	1.1.1 Intenciones, usos y contextos de aplicación
	1.2 Organización de los contenidos	1.2.1 Coordinación y relación (coordinación horizontal y vertical entre los contenidos y explicitación de las relaciones que mantienen)
	1.3 Características del material	1.3.1 Relación con esquemas previos de los alumnos
		1.3.2 Nivel de dificultad
1.3.3 Fuentes de información		
1.3.4 Enfoque al área de conocimiento		
2 Dimensión cognitiva	2.1 Características del material	2.1.1 Partir de vías cognitivas que se usan autónomamente para superar el conflicto cognitivo
		2.1.2 Aprendizaje significativo de conceptos
		2.1.3 Atención sobre aspectos centrales
	2.2 Requisitos para el aprendizaje	2.2.1 Materiales informativos o de consulta
		2.2.2 Materiales con propuestas de actividades
		2.2.3 Materiales de lectura
	2.3 Momentos y modalidades para el aprendizaje	2.3.1 Trabajo individual y en equipo para la resolución de actividades
		2.3.2 Discusión de soluciones a partir de los resultados obtenidos en el trabajo previo
		2.3.3 Retroalimentación y tareas extra-clase
3 Dimensión didáctica	3.1 Potencialidad del material	3.1.1 Saber
		3.1.2 Saber hacer
		3.1.3 Saber ser
	3.2 Tipo de materiales, destinatarios y función	3.2.1 Multimedia
		3.2.2 Consideración de las características de los estudiantes
		3.2.3 Alfabetización
	3.3 Función de la intención educativa	3.3.1 Relaciones entre objetivos, contenidos, actividades y evaluación
		3.3.2 Temas o ejes transversales del currículo
		3.3.3 Justificación
	3.4 Elementos para la implementación	3.4.1 Propósito de la actividad explícito
		3.4.2 Recomendaciones durante la actividad
		3.4.3 Recomendaciones para la evaluación de la actividad
		3.4.4 Propuestas de actividades secuenciadas y progresivas, para el tratamiento de determinados contenidos
		3.4.5 Propuestas y/o ejemplificaciones de unidades didácticas
	3.5 Aspectos del diseño	3.5.1 Lenguaje usado en el material
3.5.2 Recursos gráficos al servicio de contenidos y actividades.		
4 Organización micro-didáctica	4.1 Preparación	4.1.1 Planificación flexible
		4.1.2 Guías didácticas
	4.2 Interacción	4.2.1 Recurrir a la propia experiencia de los estudiantes
		4.2.2 Comunicación y clima relacional
		4.2.3 Motivación
		4.2.4 Pautas de actuación
	4.3 Evaluación	4.3.1 Datos para observación y reflexión sobre la acción
	4.4 Incorporación de TIC	4.4.1 Recursos tecnológicos para la búsqueda y elaboración de información
	4.5 Resultados de la estrategia didáctica	4.5.1 Aprendizaje de la experiencia
		4.5.2 Estrategia didáctica
		4.5.3 Dificultades
		4.5.4 Nivel de las evidencias y productos de aprendizaje
		4.5.5 Deficiencias del material didáctico

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Descripción de la muestra para la experimentación.

<i>Sujeto 1</i>	<i>Unidad de adscripción</i>	<i>Unidad(es) de aprendizaje que imparte</i>
Profesor(a) 1	CECyT 12 JMM	Noción de finanzas y presupuestos
Profesor(a) 2	CECyT 4 LC	Computación
Profesor(a) 3	CECyT 4 LC	Matemáticas
Profesor(a) 4	CECyT 4 LC	Física
Profesor(a) 5	CECyT 10 CVM	Matemáticas
Profesor(a) 6	CECyT 12 JMM	Contabilidad
Profesor(a) 7	CECyT 4 LC	Inglés
Profesor(a) 8	CECyT 4 LC	Física
<i>Sujeto 2</i>	<i>Estudiante EMS/ Recién egresado EMS</i>	<i>Unidad Académica en EMS/Actual</i>
Estudiante 1	Estudiante EMS	CECyT 4 LC
Estudiante 2	Recién egresado EMS	CECyT 4 LC / ESIA Tec
Estudiante 3	Estudiante EMS	CECyT 12 JMM
Estudiante 4	Egresado EMS	CECyT 10 CVM / CICS UST
Estudiante 5	Egresado EMS	CECyT 4 LC / ESIME
Estudiante 6	Recién egresado EMS	CECyT 4 LC / ESIA
Estudiante 7	Recién egresado EMS	CECyT 4 LC / EST
Estudiante 8	Recién egresado EMS	CECyT 7 C / ESIA Tic
Estudiante 9	Recién egresado EMS	CECyT 11 WM / ESIQIE
Estudiante 10	Estudiante EMS	CECyT 4 LC
Estudiante 11	Recién egresado EMS	CECyT 4 LC / UPIICSA
Estudiante 12	Estudiante EMS	CECyT 11 WM
Estudiante 13	Estudiante EMS	CECyT 9 JDB
Estudiante 14	Recién egresado EMS	CECyT 7 C / UPIITA
Estudiante 15	Estudiante EMS	Bachilleres 1
<i>Objeto 3</i>	<i>Nombre</i>	<i>Observación</i>
Red de actividades	¿Seremos capaces de financiar la jubilación?	Sí
	No me hables en chino	Sí
	¿Y eso con qué se come?	Sí
	¡Adiós muchachos, compañeros de mi vida!	No
	Di por qué, dime...	No
	Por aquí, por aquí, por aquí...	No
	¡Ahorra seremos felices!	Sí

Fuente: Elaboración propia.

didáctica para obtener los datos previos que dieran cuenta sobre el contexto de aplicación, los estudiantes y profesores.

El análisis se efectuó y describió las restricciones en tres dimensiones: la epistemológica, inscrita en las características del saber en juego; la cognitiva, relacionada a las características cognitivas del público al cual se dirige la en-

señanza (estudiantes), y la dimensión didáctica, asociada a las características del funcionamiento del sistema de enseñanza, que dirigen los docentes.

- II. El análisis *a priori* tiene por objetivo determinar si las selecciones hechas permiten controlar los comportamientos de los estudiantes y su significado. Se establece un conjunto de proyecciones sobre los comportamientos posibles. En este caso, las tesis de las proyecciones establecidas fueron las siguientes:
- Los estudiantes manifestarán ideas y emociones que hagan notar la confrontación con el conflicto cognitivo, debido a que abordarán un tema poco explorado.
  - Los profesores, aunque puedan tener acceso a más información sobre el tema, manifestarán más dudas personales sobre el tópico que sobre la acción didáctica en el aula.
  - Se manifestarán actitudes positivas por parte de estudiantes y profesores para llevar a cabo las actividades del ahorro para el retiro, lo que permitirá tomar conciencia sobre la importancia del tema en la vida personal y profesional.
  - Aunque el tema se desconozca o no se domine de manera profunda, los estudiantes y profesores utilizarán sus habilidades personales para aprender el tema con ayuda de los andamios diseñados y concluirán satisfactoriamente las actividades.
- III. La realización didáctica se llevó a cabo en dos momentos: la experimentación del material didáctico con profesores y luego con estudiantes. El registro de la experiencia se realizó con videograbación. Después de la experimentación se aplicó un segundo cuestionario de preguntas abiertas a estudiantes y profesores para registrar la información sobre los aprendizajes.
- IV. El análisis *a posteriori* se realiza con el conjunto de datos obtenidos en la experimentación, es decir, con las observaciones realizadas durante la realización didáctica de las secuencias de enseñanza y con las producciones de los estudiantes.

Esta fase se realizó para la validación de las tesis, que no es estadística, sino derivada de la contrastación entre el análisis *a priori* y el análisis *a posteriori*; es decir, se compararon los comportamientos esperados contra los aprendizajes obtenidos (los establecidos en el apartado II y los registrados durante la realización didáctica).

Para el estudio se tabularon las respuestas a las preguntas del cuestionario preliminar, luego se observaron los videos de la experimentación y se tabularon las respuestas del cuestionario aplicado después de la realización didáctica. Se hizo uso del análisis de contenido.

Los resultados se presentaron con la descripción de las categorías de las tres dimensiones (epistemológica, cognitiva y didáctica) y de la organización microdidáctica. Las cuatro tesis establecidas en el análisis *a priori* se pudieron argumentar a partir de su contrastación con los resultados obtenidos en el análisis *a posteriori*, y

---

con lo anterior se logró contestar a las preguntas de investigación planteadas en las conclusiones del estudio.

Los materiales didácticos y las estrategias de enseñanza deben buscar promover y mejorar el aprendizaje de los estudiantes, por lo que se debe asegurar, a través del diseño y la validación del material didáctico, que esta intención educativa se logre.

La ingeniería didáctica es un método de investigación que permite realizar la validación del material didáctico de manera sistemática, y aunque es de carácter cualitativo, se obtiene desde las percepciones y aportaciones de los estudiantes y los docentes que usaron los materiales durante la realización didáctica (experimentación).

En este caso, el material didáctico se pudo validar a partir de las soluciones dadas por los estudiantes en las actividades de aprendizaje, asimismo en las respuestas que proporcionaron docentes y estudiantes en el segundo cuestionario. Es importante destacar que al cierre de la realización didáctica se hizo una discusión con los participantes donde se conversó sobre la experiencia de enseñanza y aprendizaje, las mejoras del aprendizaje y sugerencias que hacían a las actividades y la composición de los materiales didácticos. Estas aportaciones quedaron registradas tanto en las videograbaciones como en los instrumentos de investigación, y se citan en los resultados de la investigación.

Después de validar las actividades de aprendizaje se hicieron las mejoras para su edición final, y así fue como se llegó a concretar esta innovación, haciendo uso de la ingeniería didáctica en el diseño y validación de material didáctico sobre ahorro para el retiro que promueve la cultura financiera entre estudiantes del nivel medio superior.

## EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA INNOVACIÓN

La experiencia de innovación consistió en el diseño de siete actividades integradas en red que se presentan en el material didáctico, pero la validación es parcial porque sólo se realizó sobre cuatro de las siete actividades, por lo que debería desarrollarse un estudio complementario al descrito en el capítulo sobre las tres actividades restantes para lograr la validación total.

Una vez realizada la validación global desde una organización macrodidáctica, se requeriría la implementación del material didáctico en las clases regulares para obtener datos que permitan evaluar el impacto del proyecto como una innovación en la docencia.

Desde la visión del equipo de investigación no se pretendió evaluar el material didáctico *per se*, porque la ingeniería didáctica sirvió sólo como metodología de validación. Lo que se debe evaluar es el impacto de esta innovación en el futuro, después de la incorporación e implementación del material didáctico en las aulas, que bien podría conformarse como un proyecto de innovación en la docencia (Soto, Gómez y Suárez, 2012). En el anexo 4 se describe la propuesta de evaluación que se realizó en el contexto del proyecto. Los resultados obtenidos deberán permitir la mejora y tomar decisiones para asegurar el cambio educativo en el área de la cultura financiera.

---

## CONCLUSIONES

A partir de la experiencia descrita, se concluyó que los aspectos metodológicos relevantes en el diseño de materiales didácticos son la consideración de las dimensiones epistemológica, cognitiva y didáctica (Parcerisa, 1996; AIM-IPN, 2002; Flores, Gómez, Suárez, Ruiz, Ortega, Torres, Ramírez, Contreras y Servín, 2008; Suárez, Cordero, Daowz, Ortega, Ramírez y Torres, 2005) y el piloteo de las actividades mediante el uso de la ingeniería didáctica, porque con los resultados de la validación se logró llegar a la mejora de la Red de actividades de ahorro para el retiro (Artigue *et al.*, 1995).

Las principales dificultades detectadas para el diseño e implementación de las actividades fueron el desconocimiento sobre temas relacionados con la cultura financiera, tanto de estudiantes como de profesores; las actitudes poco flexibles por parte de los profesores para incorporar contenidos relacionados con el tema de ahorro para el retiro en sus unidades de aprendizaje, y su idea preconcebida de que a los jóvenes nos les interesa aprender al respecto, porque los estudiantes manifestaron que sí les interesa aprender sobre ahorro para el retiro.

Los aprendizajes más significativos que lograron los estudiantes son la toma de conciencia sobre la importancia del hábito del ahorro para su retiro en el futuro y saber cómo contribuye a su desarrollo personal y en su plan de vida. Se observó que, al transcurrir las actividades, los jóvenes fueron incorporando términos más técnicos en su lenguaje durante las discusiones, lo que contribuyó a su alfabetización financiera.

Respecto al marco del currículo potencialmente aplicado (Schmidt *et al.*, 1997), se concluyó que es posible incluir el tema de la cultura financiera en el currículo oficial del nivel medio superior. La experiencia didáctica descrita demostró que los materiales didácticos acortan la brecha entre el currículo planificado y el currículo aplicado, con resultados satisfactorios en los estudiantes (el currículo logrado).

El proyecto de investigación se centró en una organización local de la secuencia o microdidáctica, pues se experimentaron cuatro de las siete actividades que componen la red. Para llevar a cabo la validación total del material didáctico, como una organización global o macrodidáctica, será necesario validar todas las actividades.

El equipo de investigación determinó que para futuras investigaciones se recomienda abordar las variables macrodidácticas, así como las competencias docentes y las competencias tecnológicas involucradas en la gestión del conocimiento y el aprendizaje en las comunidades de cultura financiera.

En términos generales, se cumplieron las proyecciones previstas y se concluyó que la experiencia didáctica y de investigación realizada por un grupo de docentes permitió vincular los hallazgos del estudio al diseño y validación de un producto de innovación en la enseñanza, que también tuvo impacto en la educación y la promoción de la cultura financiera entre los jóvenes estudiantes del nivel medio superior y sus profesores.

---



Describir y compartir la experiencia con otros docentes de cómo se llevó a cabo el diseño y la validación de material didáctico, permite al equipo de investigación sugerir a la ingeniería didáctica –transferida desde un área de conocimiento distinta– como un método viable en las ciencias sociales. Esto se logró gracias al trabajo multidisciplinario de la RSR, que busca soluciones creativas ante desafíos y problemas didácticos comunes.

## Referencias

- Albarrán, E. (2014a, oct. 2). Sistema de Ahorro para el Retiro es insostenible. *El Economista*. Recuperado de: <http://eleconomista.com.mx/sistema-financiero/2014/10/02/sistema-ahorro-retiro-insostenible> (consulta dic. 2014).
- Albarrán, E. (2014b, dic. 30). La desconfianza por las afores permanece. *El Economista*. Recuperado de: <http://eleconomista.com.mx/sistema-financiero/2014/12/30/desconfianza-las-afores-permanece> (consulta dic. 2014).
- AIM-IPN [Academia Institucional de Matemáticas del IPN] (2002). *Academia Institucional de Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional*. México: IPN.
- AMAFORE [Asociación Mexicana de Afores] (2014). *Ahorro y futuro. ¿Cómo se preparan los mexicanos para su retiro?* México: AMAFORE.
- Artigue, M., Douady, R., Moreno, L., y Gómez, P. (eds.) (1995). *Ingeniería didáctica en educación matemática. Un esquema para la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas*. Bogotá, Colombia: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Banamex-UNAM [Banco Nacional de México-Universidad Nacional Autónoma de México] (2008). *Primera Encuesta sobre Cultura Financiera en México*. México: Educación Financiera BANAMEX.
- Banamex-UNAM (2014). *Cultura financiera de los jóvenes en México*. México: Educación Financiera BANAMEX.
- Flores, C., Gómez, A., Suárez, L., Ruiz, B., Ortega, P., Torres, J., Ramírez, M., Contreras, B., y Servín, C. (2008). Actividades de aprendizaje sobre modelación y uso de las gráficas. Integración de tecnología y uso de resultados de investigación. En *Memorias de Virtual Educa 2008*, Zaragoza, España.
- IPN [Instituto Politécnico Nacional] (2015). *Módulo 4. El currículo potencialmente aplicado en el área de cultura financiera* [informes de investigación SIP 20130340 y SIP 20140516]. México: IPN.
- OCDE [Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos] (2012). *Marcos y pruebas de evaluación de PISA 2012: competencia financiera*. España: MECD.
- Parcerisa, A. (2012). *Materiales curriculares. Cómo elaborarlos, seleccionarlos y usarlos* (9a. reimp.). España: Graó.
- Schmidt, W. H., McKnight, C. C., Valverde, G. A., Houang, R. T., y Wiley, D. E. (1997). *Many visions, many aims. Volume 1: A cross-national investigation of curricular intentions in school Mathematics*. Dordrecht, Países Bajos: Kluwer Academic Publishers.
- SEP [Secretaría de Educación Pública] (2019). *Educación media superior. Perfil de egreso*. Recuperado de: <http://www.sems.gob.mx/curriculoems/conformacion>.
- Soto, A., Gómez, A., y Suárez, L. (2012). La innovación educativa centrada en la docencia. En *Memorias del Congreso Internacional de Educación. Evaluación*, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, México.

- Soto, A., Navarro, R., y Suárez, L. (2015, oct). *Uso de las tecnologías de la información y la comunicación en una red de actividades sobre cultura financiera*. Trabajo presentado IX Foro de Investigación Educativa, Instituto Politécnico Nacional, México.
- Soto, A., Navarro, M., y Suárez, L. (2019). Un análisis preliminar para el rediseño curricular de la cultura financiera. Aportes de la ingeniería didáctica. *Atas CLAIQ2019 - Investigaçãõ Qualitativa em Educaçãõ*, (1), 971-980.
- Suárez, L., Cordero, F., Daowz, P., Ortega, P., Ramírez, A., y Torres, J. (2005). De los paquetes didácticos hacia un repositorio de objetos de aprendizaje: un reto educativo en matemáticas. Uso de las gráficas, un ejemplo. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia RIED*, 8(1-2), 307-334.
- Suárez, L. (2012, sep. 25). *Proyecto Multidisciplinario 1571. La innovación didáctica en el currículo potencialmente, centrada en la interdisciplinariedad, aplicado para las áreas de matemáticas, física, bioquímica, cultura financiera y comunicación* [informe]. México: IPN-CGFIE.
- Zazueta, M., y Herrera, L. (2009). Andamio cognitivo herramienta para el proceso de aprendizaje. En *Quaderns Digitals: Revista de Nuevas Tecnologías y Sociedad*, (60). Recuperado de: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3091086>.
-

## APÉNDICE 4. EVALUACIÓN DE UNA INNOVACIÓN EDUCATIVA EN LA DOCENCIA

Soto, Gómez y Suárez (2012, p. 7) consideraban que el cambio educativo en el IPN debería presentar las siguientes consideraciones para consolidar las prácticas innovadoras en la docencia:

- a. El marco conceptual en el contexto de las teorías aplicables a la reforma académica y educativa, a partir de las experiencias cotidianas.
- b. Difusión de las mejores prácticas en diversos espacios académicos y su reconocimiento a través de un sistema de incentivos morales y administrativos.
- c. Diseño de programas de formación docente derivados de un diagnóstico de necesidades sobre el contexto de la Unidad Académica y del Instituto en general.
- d. Planteamiento de problemas comunes y explicación sobre las estrategias implementadas para resolverlos.
- e. Vinculación de la investigación con la innovación.
- f. Inclusión de los atributos del docente innovador en un modelo de competencias docentes.

Desde esta perspectiva, los Seminarios Repensar han permitido a los docentes e investigadores diseñar y desarrollar proyectos de investigación e innovación educativas. No obstante, se requiere el fortalecimiento de la evaluación de los proyectos de innovación educativa a través de un modelo que permita obtener resultados para valorar la efectividad de su implementación, por lo que se sugieren las siguientes medidas para formular una propuesta de evaluación de las innovaciones didácticas:

1. Establecer un modelo sistémico para evaluar el impacto de las innovaciones.
2. Clasificar las innovaciones documentadas por tipos, modalidades y niveles de impacto.
3. Establecer marcos cronológicos y grados en el alcance de las innovaciones.
4. Medir el impacto de las innovaciones a partir de la extensión y la profundidad.
5. Elaborar una propuesta de indicadores para medir el impacto de las innovaciones, tomando como referencia el modelo de innovación del IPN.
6. Diseñar instrumentos que consideren las dimensiones de calidad en la docencia, para evaluar el impacto de las innovaciones (Soto *et al.*, 2012, p. 8).

La escala de valoración propuesta para evaluar proyectos de innovación didáctica en la docencia, misma que se debe aplicar mediante procesos sistemáticos de recogida de datos, así como con el apoyo de expertos y observadores (ver tabla 7).

El análisis de la información obtenida a partir de las percepciones de las personas involucradas con la innovación permitirá tomar mejores decisiones y realizar mejoras a las propuestas realizadas para que haya un impacto más significativo.

Al final, todas las innovaciones educativas van evolucionando a través del tiempo y, de acuerdo con las condiciones del contexto y la cultura donde se lleve a cabo, se va configurando en cambio, pero su evaluación es fundamental para poder concretarse y tener mayor impacto.

Tabla 1. Escala de valoración para evaluar el proyecto de innovación en la docencia.

Indicadores	Total- mente	En gran medida	Parcial- mente	Poco	Nada
La propuesta de innovación educativa en el ámbito de la docencia presenta los siguientes indicadores:					
1. Introduce uno o varios aspectos nuevos en el contexto, lo que permite una mejora con respecto a la situación inicial					
2. La intención del cambio presentado es congruente con el marco institucional					
3. Las personas involucradas en la innovación expresan la aceptación del cambio y se lo apropian para llevarlo a cabo					
4. Se identifican mejoras, se fijan metas y se diseñan estrategias para aprovechar los recursos disponibles en el contexto y lograrlas					
5. La acción es planificada, sistemática e involucra procesos de evaluación y reflexión crítica sobre la práctica educativa y la innovación					
6. Promueve cambios en las concepciones, actitudes y prácticas educativas de los actores educativos o en estrategias, procedimientos o materiales de la institución					
7. Se consideraron las características del contexto socioeducativo, por lo que es pertinente la innovación presentada					
8. Presenta una estrategia de evaluación de los resultados de la innovación (por ejemplo, mediante un sistema de indicadores auténticos, válidos y confiables) que permitan mejorar la calidad educativa					
9. Tiene la posibilidad mantenerse durante el tiempo necesario para convertirse en la nueva normalidad					
10. Se vislumbra claramente cuáles son las características de la situación que se quiere lograr, considerando que pueden surgir imprevistos o caminos diferentes en la práctica					
11. Se contribuye a formar una actitud abierta a nuevos cambios (que no permita que la misma innovación se vuelva rígida) así como la colaboración.					
12. Existe diversidad de los agentes que participan en la red responsable de la innovación, lo que permite la articulación de los esfuerzos en las diversas dimensiones que atañen a la innovación en el ámbito de la docencia					
Sumatoria de marcas:					
Multiplicar:	X4	X3	X2	X1	X0
Subtotal:					
Total:					

Fuente: Elaboración propia.

# Aprendizaje-enseñanza de la filosofía entre la reflexión y la acción

MARÍA DE LA LUZ HUERTA RAMÍREZ  
Instituto Politécnico Nacional – CECYT 11 (México)

## Resumen

Con el presente capítulo se pretende ofrecer una reflexión acerca del aprendizaje y enseñanza de la filosofía, que va más allá de considerar su base teórica, anteponiendo la parte vivencial que posibilita su “construcción”; para este fin se parte de la experiencia del primer ciclo del Seminario Repensar la Enseñanza de la Filosofía (2015) como espacio que permitió, desde otra mirada, “observar” este proceso enfocando a su destinatario: el estudiante.

## INTRODUCCIÓN

La “enseñanza” de la filosofía es una de las primeras prácticas que se conocen en la historia, la forma particular de Sócrates dialogando con sus alumnos a partir de la interpelación, es la provocación para pensar.

Curiosamente, como la didáctica de la filosofía es una disciplina relativamente joven, el primer libro que trata a fondo cuestiones relativas a ésta fue publicado hasta 1979 por Ekkehard Martens (Gómez, 2003). Casi una década después, García (1998) ofreció un interesante planteamiento:

Considero improductiva la distinción entre enseñar filosofía y enseñar a filosofar. Ambas van profundamente unidas y son inseparables. La filosofía tiene unos procedimientos específicos porque trata unos temas específicos y viceversa. Sólo se aprende a filosofar trabajando sobre cuestiones filosóficas; sólo se aprenden cuestiones filosóficas cuando se hace filosofía sobre ellas.

En el ámbito de la educación elemental y media, la enseñanza de la filosofía debe estar fundamentalmente orientada a proporcionar al alumno los instrumentos necesarios para que doten de sentido a sus propias vidas.

Por último, la enseñanza de la filosofía debe potenciar en el alumno la capacidad de crítica y cuestionamiento de los saberes recibidos, así como la posibilidad de integración de todos esos saberes parciales en un sistema global, en permanente proceso de construcción y reconstrucción.

Lo anterior constituye un preámbulo idóneo para caracterizar la complejidad de la enseñanza de la filosofía en el IPN. Buscando en los antecedentes curriculares, se encuentra a la filosofía incorporada en el plan de estudios de su bachillerato desde 1972, con un solo curso, como asignatura que se imparte en el quinto semestre, con un enfoque general y enfatizando a la filosofía latinoamericana; en el sexto semestre la continuidad se da con la asignatura de psicología, con la intención de complementar la formación bivalente que ofertaba el Instituto con materias humanísticas.

Para 1994 se realizó un rediseño curricular de planes y programas de estudio coordinado por la Dirección de Educación Media Superior (DEMS) del IPN, bajo el título de “Modelo Pertinencia y Competitividad”, en cuyo mapa curricular aparecen en el primer año escolar, que corresponde al tronco común, dos cursos de filosofía: en el primer semestre Ética y en el segundo semestre Lógica; paralelamente se incluyen otras unidades de aprendizaje de las áreas científica básica y humanística.

Con la instauración del Modelo Educativo Institucional (2004) filosofía conserva su lugar como unidad de aprendizaje (asignatura) en los primero y segundo semestres siendo la misma secuencia, Ética y Lógica, materia integrada al área de formación científica, humanística y tecnológica básica, como se muestra en la tabla 1.

En el periodo del 2004 hasta el 2008 los profesores que impartían filosofía buscaron prepararse en las perspectivas de enseñanza de vanguardia considerando aspectos como:

- La naturaleza del conocimiento filosófico; las estrategias que se han empleado para su enseñanza y aprendizaje: el diálogo, el interrogatorio, el debate, la solución de dilemas filosóficos.
-

Tabla 1. Áreas de formación del Nivel Medio Superior del IPN.

Área de formación institucional	Área de formación científica, humanística y tecnológica básica	Área de formación profesional
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividades artísticas</li> <li>• Actividades deportivas</li> <li>• Lengua extranjera</li> <li>• Comunicación y expresión oral y escrita en lengua española</li> <li>• Computación y tecnológicas de información y comunicación</li> <li>• Desarrollo de habilidades de aprendizaje</li> <li>• Orientación juvenil y profesional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidades de aprendizaje que permitan comprender la lógica de las disciplinas y su interrelación con otras (ciencias básicas, sociales y humanidades)</li> <li>• Unidades de aprendizaje que profundicen en los conocimientos, habilidades, actitudes y valores necesarios para acceder a la educación</li> <li>• Unidades de aprendizaje optativas (al menos el 5% de los créditos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidades de aprendizaje sobre la temática de la especialidad</li> <li>• Titulación</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta el 15% de créditos del plan de estudios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al menos el 60% de los créditos del plan de estudios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta el 30% de los créditos del plan de estudios</li> </ul>
Formación común en todos los centros		Formación específica que dependerá de la vocación de cada centro

El total de créditos para los programas de nivel medio superior será de 200 a 220.

Fuente: Modelo Educativo del IPN (2004, p. 118).

- Recuperar las propuestas de autores, por ejemplo Matthew Lipman (1980), reconocido por su trabajo de enseñanza de la filosofía con niños, experiencias del proyecto “Filosofía para niños” plasmadas en sus obras, algunos ejemplos son: *Elfie* (el conocimiento de sí mismo), *El descubrimiento de Harry* (importancia del diálogo), *Lisa* (moral y ética), *Félix y Sofía* (problemas relacionados con la verdad, la realidad, la libertad), y más específicamente relacionado con la enseñanza, *Filosofía en el aula*.

Y fue gracias a las denominadas “academias institucionales”, cuerpos colegiados que estaban integrados por al menos un representante de cada escuela de nivel medio superior, que existió la posibilidad de intercambiar aportaciones y acciones de formación que permearon a cada plantel; de esta manera la academia institucional de Filosofía logró poner al día en propuestas metodológicas a sus docentes.

Para una revisión de estas recurrimos a Gómez (2003), quien presenta un buen panorama y clasificación, de la cual se retoman, para fines de esta revisión, las siguientes perspectivas didácticas:

### 1. La filosofía como educación filosófica

En la que se hace referencia a que Maite Larrauri (2001, pp. 144-154, citada en Gómez, 2003), a partir de un texto de Roland Barthes, defiende la idea según la cual la educación filosófica debe conjugar ciertas maneras en que se puede transmitir conocimientos filosóficos, de una parte, y el “maternaje” que es explicado por Roland Barthes, a partir de considerar el papel primordial no sólo de lo que las madres enseñan en la

prehistoria personal de todos nosotros sino también de una práctica de educación que perdura a lo largo de nuestras vidas (Gómez, 2003, p. 21).

Gómez concluye: “la propuesta didáctica de Larrauri encierra: enseñanza para transmitir los textos, aprendizaje para transmitir competencia filosófica y maternaje para transmitir el deseo de pensar; las tres prácticas unidas lograrían el ideal de una educación filosófica que formaría individuos capaces de pensar por sí mismos, en una palabra individuos libres” (Gómez, 2003, p. 24).

## 2. La filosofía como diálogo y como enseñanza filosófica

Una premisa de la que se parte desde esta perspectiva es que “la iniciación de los jóvenes al pensamiento filosófico es solamente posible, si ellos mismos reflexionan sobre la condición humana, se podría decir que ellos han a menudo comenzado a filosofar de una cierta manera” (Gómez, 2003, p. 16). Esta afirmación resulta interesante ya que la tradición acerca de pensar a los adolescentes comúnmente remite a la idea de que es un periodo netamente cuestionador y crítico.

Sin embargo, no es suficiente el planteamiento de preguntas o críticas, para la enseñanza de la filosofía “se debe iniciar al alumno en la práctica del diálogo filosófico partiendo de problemas cotidianos, problemas bien conocidos utilizando los métodos y los instrumentos que la filosofía ha ofrecido en el curso de su historia, y hacer conocer al alumno las respuestas modelos a las cuestiones fundamentales que él puede llegar a plantearse por sí mismo” (Gómez, 2003, p. 29).

En el ámbito alemán (Kledzik, 1992, citado en Gómez, 2003), las investigaciones profundas en didáctica de la filosofía comenzaron desde el mismo momento en que se planteó la reflexión seria sobre la posibilidad y las ventajas, e incluso sobre la necesidad de una reinstalación de la filosofía en tanto que disciplina escolar (Gómez, 2003, p. 20-21).

## 3. La filosofía fundamentada en los métodos

La actividad educativa debe realizarse en el diálogo, el comentario o el debate de quienes comparten la búsqueda de la verdad. De ahí la multiplicidad y el carácter personal de los métodos didáctico-filosóficos (Gómez, 2003, p. 31).

- La exposición filosófico-didáctica o clase magistral.
- El método socrático de diálogo implica el encadenamiento de interrogaciones y respuestas.
- El método de lectura y análisis de textos.
- El estudio dirigido.

## 4. La filosofía como actividad del pensamiento

Gómez hace referencia a que hay una obra de reciente aparición en Colombia, titulada *Didáctica de la filosofía*, de Araya (2003), cuya propuesta didáctica se define en los siguientes términos:

---



Contra toda forma de autoritarismo impositivo, potenciara técnicas grupales de descubrimiento y de construcción del conocimiento. Objetivo primordial de esta didáctica será el desarrollo de la creatividad, es decir de enseñar a pensar sobre problemas buscando soluciones personales [Gómez, 2003, p. 33].

## 5. De didáctica de la filosofía a observación interna de la misma filosofía

En la perspectiva de Ignacio Izusquiza (1982, 1984, 1997, citado en Gómez, 2003), es necesario plantearse varias tesis, a saber:

- Cualquier planteamiento de la enseñanza de la filosofía debe hacer referencia a la situación de la asignatura en el conjunto del currículo (pág. 34).
- El papel y la función del profesor de filosofía se asimila al de una figura conceptual. Su función consistirá en “observar y traducir. El profesor de filosofía deberá ser un creador de estímulos conceptuales que desarrollen en sus alumnos algunos de los niveles propios de la reflexión filosófica”.

Lo anterior da lugar a considerar la simulación y traducción, así como la posibilidad de que la clase de filosofía se convierta en un laboratorio conceptual, y el uso de instrumentos como: a) operaciones conceptuales básicas, b) técnicas de grupo que ayuden al trabajo con el sujeto colectivo de la clase, c) rudimentos de lógica de preguntas o lógica informal, d) fuentes de información y constitución de una biblioteca elemental, e) elaboración, oral y escrita, del discurso de los alumnos (Izusquiza, 1997, p. 83, citado en Gómez, 2003, pp. 31-34).

Incluso se llega a plantear a la transposición didáctica (Chevallard, 1997) como digna de considerarse en la enseñanza de la filosofía en tanto saber científico, con la claridad de que no es suficiente contar con los resultados de la racionalidad disciplinaria, sin exponer la racionalidad de la gestión que realiza el alumno con ese saber (p. 41).

Así pues, tener claridad en la disciplina y su naturaleza, en este caso la filosofía, es de vital importancia, pero es necesario considerar al sujeto que aprende: el estudiante.

## PROBLEMATIZACIÓN

Una preocupación permanente en la enseñanza de unidades de aprendizaje de corte humanístico es la falta de utilidad que en general se le atribuye entre la sociedad, prueba de ello la tenemos cuando a nivel nacional se desarrolló la Reforma Integral de la Educación Media Superior (SEP, 2008), documento en el que estaba ausente la filosofía como disciplina a ser incorporada en los programas de estudio de este nivel, lo cual generó un importante debate en torno a su importancia:

Representantes de asociaciones y universidades que agrupan a la comunidad filosófica nacional manifiestan alarma y preocupación: la reforma integral de la educación media superior (RIEMS) que entrará en vigor en agosto próximo, al inicio del ciclo escolar, desaparece la filosofía. Así, asignaturas como lógica, estética, ética, epistemología o filosofía mexicana ya no serán tema de estudio para los jóvenes de entre 16 y 18 años [Avilés, 2009].

El tema de la enseñanza de la filosofía en el bachillerato ocupó a diversos intelectuales, y desde el Observatorio Filosófico de México se realizó una gran labor en su defensa:

El presidente de la Asociación Filosófica de México, Raymundo Morado, cuestiona: ¿qué no se acuerdan que los grandes filósofos de Europa aprendieron lógica en el libro del mexicano Antonio Rubio, que el primer libro de lógica dialéctica fue traducido del ruso por el mexicano Elí de Gortari, que Hidalgo era maestro de filosofía y que Vasconcelos, ex secretario de Educación Pública, fue otro de los grandes impulsores del pensamiento filosófico? Ahora –lamenta–, desde la propia Secretaría de Educación Pública (SEP) se da carta blanca para que la filosofía desaparezca, aunque puede decir que no la quitó, nada más da la opción para que la eliminen [Avilés, 2009].

Afortunadamente para el nivel medio superior del IPN, el rediseño 2008 coincidió con la RIEMS, pero no afectó el lugar de la filosofía como parte del Mapa curricular.

Sin embargo la tarea de ofrecer una formación integral para el egresado del bachillerato sigue recibiendo embates, pues aparece como “un sinsentido” en el supuesto de que el cuestionamiento, la búsqueda de respuestas serias y rigurosas a preguntas de la propia existencia, de la participación social, de la responsabilidad en el uso de la ciencia y la tecnología, se desfiguran en la actualidad, pues en esta época es suficiente mover un dedo para tener toda la información y procesamiento de datos a la disposición, lo que hace ocioso invertir tiempo en ello.

De tal manera, los docentes de Filosofía del IPN vivimos desinterés, desesperanza y desdén de los estudiantes ante este conocimiento. Es en este devenir que coincidimos como la familia de los Seminarios Repensar, desde la cual se nos convocó a integrar el nodo de Filosofía con la idea de generar un espacio que permitirá la reflexión colectiva y buscar alternativas para que la comunidad escolar aprecie con mayor interés este campo disciplinar.

La primera actividad necesaria fue formar un equipo sólido de trabajo, integrado por cinco profesoras del CECyT 11, equipo que se dio a la tarea, en febrero del 2015, de encuestar a un promedio de 15% de docentes de la Academia de Filosofía de los 16 planteles del nivel medio superior del Instituto, para conocer sus principales temas de interés con respecto a su práctica.

El punto más destacable en ese momento fue: ¿Quién es ese sujeto que aprende filosofía? Fuera de los lugares comunes de:

- El estudiante de bachillerato es un adolescente, que por la etapa de desarrollo en la que se encuentra experimenta una serie de cambios físicos, psicológico-cognitivo-emocionales que lo colocan en situación de crisis de identidad que complejiza los procesos de aprendizaje en general.
  - 
  - Por la etapa en la que se encuentra el joven estudiante, que lo hace un cuestionador por excelencia y un crítico efervescente de la situación social. Nos encontramos ante un filósofo en potencia.
-

La preocupación de los profesores es ante la situación actual: estamos ante una generación con la cual se abre una brecha inconmensurable. A decir de Gardner y Davis (2014), se trata de la generación APP:

Una «App» o «aplicación», es un programa informático, generalmente diseñado para funcionar en dispositivos móviles, que permiten que el usuario lleve a cabo una o varias operaciones [Gardner y Davis, 2014, p. 20].

Más específicamente los autores mencionan:

Nuestra teoría es que los jóvenes de ahora no solo crecen rodeados de aplicaciones, sino que además han llegado a entender el mundo como un conjunto de aplicaciones, a ver sus vidas como una serie de aplicaciones ordenadas o quizás, en muchos casos, como una única aplicación que se prolonga en el tiempo y que les acompaña de la cuna a la tumba [Gardner y Davis, 2014, p. 21].

## LA EXPERIENCIA DEL SEMINARIO REPENSAR LA FILOSOFÍA: TALLER 2015

Para dar forma al SReFil se partió de preguntas que han sido objeto de interés por los profesores de Filosofía, detectadas en encuesta informal aplicada a una muestra del 10% de docentes del NMS de la Academia de Filosofía de la planta docente del IPN (febrero-marzo 2015), con el fin de establecer una vía de trabajo para el Seminario Repensar la Enseñanza de la Filosofía. Se concretaron en dos cuestionamientos: *¿Cómo propiciar el interés por la filosofía?* y *¿De qué manera acercar a los jóvenes al reconocimiento de que sus dudas y reflexiones son fuente de conocimiento?*

Esto fue lo que llevó a privilegiar los materiales de lectura, videoconferencias y foros de discusión; para el caso que nos ocupa se toca el primer tema, “El joven como sujeto cognoscente”.

Con los materiales de lectura del experto invitado, doctor Xicoténcatl Martínez Ruiz (el capítulo 5 del libro *Estudios de la juventud y filosofía de la no violencia* [Martínez y Rosado, 2013], el artículo en la revista *Innovación Educativa* “Éthos y construcción de la ciudadanía en espacios educativos” [Martínez, 2012] y como lectura complementaria el artículo “Configurar horizontes: los desafíos de la educación media superior, con miras al 2036” [Martínez, 2014]), partimos del planteamiento: “Pensemos en una generación que ha crecido e incorporado —consciente o inconscientemente— lenguajes, prácticas, experiencias, información mediática, imágenes, construcciones y destrucciones culturales catalizadas por climas de violencia, migración y abandono regional, entre otros” (Martínez, 2013, p. 98) y enfrenta problemáticas como la desigualdad socioeconómica, la falta de expectativas a futuro, la violencia, el desempleo, que tienen repercusiones en estrés elevado y estados de depresión severa.

De ahí la importancia de una formación en la idea de no-violencia, cuya fuente de inspiración está dada por Gandhi (1930, citado en Martínez y Rosado, 2013), *Ahimsa*, que está ligada indisolublemente al concepto de ser y verdad como fundamento de la realidad. Su recomendación es que en el nivel medio superior se configure una cultura de la ciudadanía y de la no-violencia, basada en la resignificación de contenidos de corte humanístico en la formación científica y tecnológica.

Para aclarar su perspectiva de ciudadanía Martínez recupera a Martha Nussbaum, quien acuña el concepto de “ciudadanía mundial” (2006, 2010), para lo cual es necesario “fomentar un equilibrio entre el desarrollo económico y el desarrollo humano” (Martínez, 2014, p. 26).

Para la construcción de una ciudadanía mundial y el fomento de la ética, el doctor Martínez identifica habilidades sociales concretas y deseables, tales como la capacidad de argumentación, el ejercicio del auto-examen, la creatividad y la capacidad de reflexión e innovación (Martínez, 2013, p. 11). Además incluye el desarrollo de capacidades para integrar lo diverso, para poder escuchar los cambios sociales vertiginosos e incorporar el componente multicultural y multilingüístico.

Sumada a las habilidades anteriores esta la “imaginación narrativa”, que “consiste en pensar cómo sería estar en el lugar de otra persona, y comprender las emociones, deseos y anhelos que alguien así pudiera experimentar. La imaginación narrativa no carece de sentido crítico, pues siempre vamos al encuentro del otro, con nuestro propio ser, nuestros juicios a cuestas” (Nussbaum, 2010, p. 132).

En la videoconferencia dictada por el doctor Martínez el 9 de septiembre del 2019, bajo la temática ya mencionada, el ponente enfatiza que el joven, por supuesto, es un sujeto que aprende, un sujeto que piensa, y más bien los docentes nos tenemos que preguntar si somos capaces de escuchar a un joven de nuestro tiempo, si podemos aproximarnos a su pensamiento, a sus ideas, a la manera en que se expresa y a lo que le preocupa.

Por ello nos invita a recordar que nosotros fuimos jóvenes, recordar nuestra experiencia como jóvenes y qué era lo que nos preocupaba, y que ahora como adultos estamos ante un ser humano que trata de comprender la complejidad de la vida.

Ante la preocupación de que nuestra sociedad actual presenta un panorama de caos y violencia, y a la pregunta “¿Cómo puede experimentar estas condiciones un joven?”, el doctor Martínez menciona el caos: “es eso que no sé qué es, que no hay forma lingüística que lo capture”, y ejemplifica con manifestaciones musicales de los jóvenes que pueden ser vistas por el adulto como un caos, pero desde un punto de vista más comprensivo vienen a ser formas de expresión en contra de lo que ellos consideran como una imposición; en este sentido el caos puede ser muy estimulante, pues puede dar lugar a un gran descubrimiento.

En cuanto a la violencia, esta ocurre cuando se acabó la posibilidad de diálogo, cuando se acabaron los argumentos, cuando ya no hay alguien que quiera escuchar. La respuesta violenta tiene que ver con la intención de un daño a otro, por ello tiene que ver con la parte más humana y conecta con lo que desde la filosofía del mundo griego fue llamado *êthos*, una conciencia vigilante, y con lo que denominamos ética.

A este planteamiento sigue la pregunta “¿Cómo aprende ética un joven?”. La respuesta es: de manera vivencial, nadie aprende por otro, pero si hay unas pautas que pueden recomendarse; ser incisivo en las reflexiones, insistir en que los jóvenes tengan una mirada crítica de sus actos, capacidad reflexiva de qué es lo que daña a otro y a

---

uno mismo. Para aclarar este punto el doctor Martínez recurre a la *carta número VII* de Platón, en la que el filósofo es cuestionado acerca de cómo se aprende a hacer filosofía, cómo se aprende este saber, a lo que él contesta que no tiene respuesta, lo que él sí puede decir es que “el alma tiene un diálogo consigo misma en torno al ser, hay dilemas éticos que nos asaltan cotidianamente y que propician un diálogo interno”, y esto es lo que puede aprovecharse con los alumnos, recurrir a eso que les aqueja, que les quita el sueño, lo que les apasiona; vale la pena dejar que el propio joven indague sobre los grandes temas de la ética, planteándole problemas actuales con lenguaje actual, con dilemas cercanos.

Al respecto de la lógica, el doctor Martínez menciona que pedir a nuestros alumnos que reflexionen sobre su propio pensamiento implica un reto muy alto para su edad, pero es prudente propiciar la reflexión acerca del uso de la información, del uso de mecanismos tecnológicos, acerca, por ejemplo, de la inteligencia artificial, la robótica. Este tipo de tópicos constituyen una veta de reflexión filosófica: la tecnología y la información, algo que ellos están palpando. En cuanto a la idea de que el joven considere que todo lo que existe en internet es verdad absoluta, y que cuando se les pide una investigación es suficiente con bajar el material y copiarlo, que se ha convertido en una práctica muy generalizada, si el interés es formar al estudiante buscando que desarrolle habilidades para obtener información seria, es tarea del docente orientar esas indagaciones, pero con la exigencia de que el alumno sea capaz de escribir y comunicar de manera personal sus ideas.

Para ello recomienda ser muy sensibles a los lenguajes y los medios empleados por los jóvenes para establecer comunicación, sobre todo en esta época en que las formas de interacción son mediadas por una “pantalla”.

En conclusión, se hace evidente la importancia de escuchar las problemáticas y opiniones de los jóvenes, darles voz; las expectativas deben de venir del joven, no del adulto, y a partir del diálogo fomentar el pensamiento crítico, el autoexamen, la imaginación creativa.

Respecto a contenidos y estrategias didácticas, deberán dar pauta a incorporar un sentido social, pero corresponde al docente dar lugar a la imaginación, la literatura, y, más que el deporte como tal, quizás se tendría que pensar en el cuidado del cuerpo orientado hacia la salud.

En el marco que se construyó con las actividades anteriores (análisis de lecturas y videoconferencia), los docentes participantes del seminario se identificaron y pudieron poner en blanco y negro sus dudas, así como algunas respuestas y propuestas para concretar en su práctica docente.

El foro de discusión, como otro componente esencial de los Seminarios Repensar, espacio privilegiado para cuestionar, proponer y dialogar entre los docentes recuperando no sólo el análisis de las lecturas, la comunicación con el experto, sino además poner en escena la propia vivencia docente, ofreció los siguientes frutos:

---

[Docente 1] Al escuchar la videoconferencia y realizar las dos lecturas, me pregunto qué es lo que me corresponde como docente, qué sí puedo hacer, ¿puedo acaso propiciar una educación que fomente la ética y la ciudadanía?, ¿puede acaso la innovación tener una estrecha relación con una educación ética?, ¿es esto último una oportunidad para modificar el presente en nuestra sociedad?

Tal vez sí, tal vez seamos nosotros los docentes quienes podemos apoyar en esta tarea, tal vez sea nuestra aula un espacio para hacer reflexionar al joven estudiante, acerca de construir una ciudadanía que se interese por los demás, que su profesión le permita tener presente el aspecto humanista, que no sea sólo alcanzar sus propios intereses de forma egoísta.

La participación anterior muestra que, ante una tarea de tal envergadura para el docente de filosofía, se duda de la posibilidad de lograrlo; entre líneas está el planteamiento de qué tiene que hacer el docente y cómo “debe” hacer.

La siguiente participación es propositiva.

[Docente 2] ¿Y si hiciéramos un ejercicio de imaginación narrativa como lo plantea en el texto Nussbaum? ¿Si pudiéramos imaginar cómo sería estar en el lugar de los jóvenes en esta época actual con todas las problemáticas sociales, económicas, políticas, etcétera? ¿Qué nos gustaría aprender? Creo que sería enriquecedor, pues actualmente se intenta plantear situaciones de aprendizaje desde lo que se cree como docente, de lo que necesita el país, pero, ¿y ellos? Creo que podría ser un ejercicio interesante.

La siguiente participación ofrece una problemática recurrente en la educación.

[Docente 3] La ética en la educación es importante para evitar la violencia, pero, ¿cómo luchar con una mente que está siendo acibillada constantemente por mensajes que privilegian el robo, el asesinato, el dinero fácil, la fama momentánea; donde se enfrentan con carencias económicas, familias disfuncionales, violencia en cualquier parte?

Para responder a lo antes planteado se retoman las siguientes participaciones.

[Docente 4] Un elemento trascendente es que las personas nos convirtamos en códigos de conducta vivos, de manera que nuestra acción concreta diaria represente una guía de conducta que puede impregnar la vida cotidiana [Martínez, 2012, p. 11]. Esto tiene importantes implicaciones para quienes impartimos alguna asignatura del área humanística y el compromiso de docentes y directivos para percibir nuestra propia institución, nuestro propio país, como parte de una complejidad mundial, como base para contribuir a que los jóvenes logren esta percepción.

[Docente 5] Nuestro trabajo va hacia dos direcciones, el alumno y nuestro propio contexto, la escuela y la comunidad, seguir enseñando y dar el ejemplo, en la comunidad como forma de enseñanza, vamos del micro al macro. Yo eso intento siempre y al menos con un gran número de maestros funciona.

Para cerrar capítulo, parecen de sumo interés los cuestionamientos que el doctor Martínez pone sobre la mesa, sobre todo porque se relacionan de manera medular con las preocupaciones que se mencionan al inicio de este apartado y que trascienden la práctica docente:

¿Acaso para plantear un modelo de educación media superior nos hemos preguntado cómo los jóvenes de hoy se perciben a sí mismos? Y al hacerlo, ¿cómo construyen su propia conciencia social y generacional, con o sin las herramientas de los espacios educativos del nivel medio superior, la vida fuera de las escuelas y las perspectivas reales de tiempo?

---

Los jóvenes de hoy se autoperiben y al hacerlo construye su propia conciencia de grupo mediante las herramientas y perspectivas de su tiempo, en medio de constantes tensiones sociales, culturales, existenciales y axiológicas [Martínez, 201, p. 101].

El ejemplo más reciente en el IPN, la construcción que ha logrado el sentido de pertenencia institucional y social que permitió a los jóvenes tomar en sus manos decisiones y hacer escuchar su voz, se evidenció del movimiento estudiantil del 2014, cuyas causas, evolución e impacto no serán objeto de análisis en este espacio, sólo interesa resaltar el nivel de comunicación y organización del que hicieron gala en los mítines, marchas y mesas de diálogo.

Para comprender situaciones como la antes mencionada, el doctor Martínez considera necesario

...ofrecer reflexiones interdisciplinarias en torno a cómo estudiamos y entendemos a las generaciones jóvenes y de qué manera las ciencias sociales contribuyen de manera decisiva a ese estudio [Martínez, 2013, p. 101],

aunado a que es necesario generar espacios de reflexión en los que

...los docentes, alumnos y directivos logren percibir a su propia institución, su propio país como parte de una complejidad mundial, interconectada con diversas maneras de entender el mundo y la necesaria comprensión multicultural y multilingüística que conlleva a esta percepción [Martínez, 2012, p. 13].

Por último, resulta imperioso

...cultivar en los centros educativos una cultura de la innovación con conciencia del beneficio social, construcción de la ciudadanía y un compromiso ético serán los principios que configurarán la pertinencia y la autoridad de las instituciones de educación superior (IES) en los años venideros” [Martínez, 2012, p. 10], *se asume que estos principios también estarán en el campo de acción del docente* [las cursivas son nuestras].

Esto nos permite concluir que la elección de este tema, del primer ciclo del seminario (2015), fue un acierto porque permite el acercamiento a la reflexión del joven como sujeto que aprende y alejarnos de la tendencia común de mirar al adolescente únicamente desde la lupa de la etapa biológica, o por otro lado evitar sesgarnos hacia el sentido común de algunos docentes, que etiquetan al joven como apático, indolente, falto de compromiso; incluso consideran que, bajo el síndrome de Peter Pan, son seres que no quieren crecer.

La riqueza de esta experiencia se revela aún más en el momento que estamos viviendo, por ello siguen siendo vigentes y urgentes tópicos como: preocupaciones éticas desde la mirada de los jóvenes; ciudadanía mundial y no-violencia; el empleo del autoexamen, el diálogo, la argumentación, la creatividad, la capacidad de reflexión e innovación, la imaginación narrativa, que pueden trabajarse en comunicación medida por las tecnologías, con el acompañamiento de un docente que vea al joven como un sujeto que aprende y no como un objeto a modelar.

## Referencias

- Avilés, K. (2009, abr. 22). Propicia Calderón autoritarismo al mutilar planes de *prepa*: expertos. *La Jornada*. Recuperado de: <https://www.jornada.com.mx/2009/04/22/sociedad/043n1soc>.
- Chevallard, Y. (1997). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñando*. Argentina: Aique.
- De Puig, I. (2002). La dimensión estética del programa de FpN. En F. García Moriyón (coord.), *Matthew Lipman: filosofía y educación* (pp. 163-184). Madrid: De la Torre.
- Dirección de Educación Media Superior (1994). *Modelo de pertinencia y competitividad* [documento impreso]. México: IPN.
- Filosofía (2009, abr. 23). *Atentado, el desaparecer la filosofía del bachillerato [México]*. Recuperado de: <https://www.filosofia.mx/atentado-el-desaparecer-la-filosofia-del-bachillerato-mexico/>.
- García M., F. (1998). ¿Para qué sirve enseñar filosofía? En *The Paideia Archive: Twentieth World Congress of Philosophy, 18*, 28-35. <https://doi.org/10.5840/wcp20-paideia199818345>.
- García M., F. (1990). Filosofía para niños y filosofía continental. *Aprender a Pensar*, (1), 18-34.
- Gardner, H., y Davis, K. (2014). *La generación APP*. España: Paidós.
- Gómez, M. A. (2003). *Introducción didáctica de la filosofía*. Pereira, Colombia: Papiro.
- Guattari, F. (1996). *Las tres ecologías*. España: Pre-Textos.
- IPN [Instituto Politécnico Nacional] (2004). Modelo Educativo del IPN.
- Lipman, M. (1980). *Filosofía para niños*. Madrid: De la Torre.
- Lipovetsky, G. (2005). *La era del vacío: ensayos sobre el individualismo contemporáneo*. Barcelona, España: Anagrama.
- Martínez R., X. (2012). *Éthos* y la construcción de la ciudadanía en espacios educativos. *Innovación Educativa*, 12(59), 9-15.
- Martínez, X. (2014). Configurar horizontes: los desafíos de la educación media superior, con miras al 2036. *Innovación Educativa*, 14(64), 23-32.
- Martínez R., X., y Rosado M., D. (coords.) (2013). *Estudios de la juventud y filosofía de la no violencia: conciencia generacional, ciudadanía y argumentación* [colec. Paideia]. México: IPN.
- Nussbaum, M. (2010). *Sin fines de lucro. Por qué la democracia necesita de las humanidades*. Argentina: Katz.
- SEP [Secretaría de Educación Pública] (2008). *Reforma Integral de la Educación Media Superior en México. La creación de un Sistema Nacional del Bachillerato en el Marco de la Diversidad*. México.
- Weiss, E. (2012). Los estudiantes como jóvenes. El proceso de subjetivación. *Perfiles Educativos*, 34(135), 134-148.
-



## Los autores

Víctor Hugo Luna Acevedo

Colaborador en el Departamento de Ingeniería Bioquímica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas Unidad Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional. Título: Ingeniero Bioquímico, cédula profesional 3835025, con Diplomado en Formación y Actualización Docente para el Nuevo Modelo Educativo, y Maestro en Administración en Gestión y Desarrollo de la Educación. Líneas de investigación: currículo, modelación matemática, innovación educativa, investigación educativa, formación docente, comunidades de aprendizaje.

Fabiola Escobar Moreno

Profesora de Asignatura, CICATA del Instituto Politécnico Nacional. Formación académica: Ingeniera Química; Maestra en Ingeniería por el Tecnológico de Monterrey y Doctora en Ciencias, especialidad Física Educativa por el CICATA del IPN. Línea de investigación: didáctica de la física y de la ingeniería.

Guillermina Ávila García

Estudió la Licenciatura en Física y Matemáticas. Realizó estudios de Maestría en Ciencia y Tecnología en el Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales del Instituto Politécnico Nacional. Es Profesora de Física y Matemáticas en CECYT 11 “Wilfrido Massieu” y en la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. Sus principales

líneas de investigación son: modelación matemática en fenómenos físicos y el uso inteligente de la tecnología.

Liliana Suárez Téllez

Es Doctora en Ciencias con especialidad en Matemática Educativa por el CINVESTAV. Es Profesora del Instituto Politécnico Nacional en la Dirección de Formación e Innovación Educativa, donde participa como asesora de Celdas de Investigación Educativa y del Centro de Investigaciones Económicas Administrativas y Sociales en la Maestría en Docencia Científica y Tecnológica. Sus líneas de investigación se inscriben en modelación matemática escolar e innovación de la práctica docente.

Miguel R. Wilhelmi

Doctor en Matemáticas, por la Universidad Pública de Navarra. Profesor Titular de Didáctica de las matemáticas en la Universidad Pública de Navarra (UPNA, España). Profesor de matemáticas y su didáctica para docentes en formación inicial o continua de Educación Infantil, Primaria y Secundaria. Investigador responsable del Grupo de Investigación “Didáctica de las Matemáticas” en la UPNA. Regularmente participa en congresos científicos y publica artículos de investigación, como se puede ver en su perfil personal en Google Scholar.

#### Luis Darío Reina

Doctor en Ciencias de la Educación por la Universidad Nacional de Cuyo, Argentina. Profesor titular de los espacios curriculares Didáctica de la Matemática I y de las T.I.C. en la Enseñanza de la Matemática en el Instituto de Educación Superior Docente y Técnica N° 9-011 “Del Atuel” (Argentina). Su área de investigación se centra en el aprendizaje y la enseñanza de las Matemáticas en Educación Secundaria y en el nivel superior, áreas en las que tiene diversas publicaciones. Desde hace algunos años colabora con la Coordinación del Seminario Repensar las Matemáticas (SRM) organizado por el Instituto Politécnico Nacional de México.

#### Paula Andrea Rendón-Mesa

Doctora en Educación Matemática de la Universidad de Antioquia. Profesora I.E. Pedro Luis Álvarez Correa y de la Universidad de Antioquia, Colombia. Magíster y Doctora en Educación. Línea de investigación en formación de profesores y modelación matemática.

#### Jhony Alexander Villa-Ochoa

Doctor en Educación de la Universidad de Antioquia. Profesor Universidad de Antioquia, Colombia. Magíster y Doctor en Educación. Investiga en formación de profesores, modelación y tecnologías en educación matemáticas.

#### Alma Yereli Soto Lazcano

Es Licenciada en Pedagogía y Máster en Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Educación. Docente de la Escuela Superior de Comercio y Administración (ESCA) Unidad Santo Tomás del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Miembro de la Red de los Seminarios Repensar (RSR) y de la Red de Innovación e Investigación Educativas (RIIED-IPN). Sus líneas de investigación son: didáctica y currículo, innovación educativa y TIC en educación.

#### María Reyna Navarro García

Es egresada de Contaduría Pública (ESCA Santo Tomás). Docente de tiempo completo en el CECYT 12 del IPN. Ha dirigido y participado en investigaciones educativas en el IPN, en el ámbito de la cultura financiera.

#### María de la Luz Huerta Ramírez

Egresada de la Licenciatura en Pedagogía (UNAM, FES Aragón), con estudios de Maestría en Enseñanza Superior (UNAM, FES Aragón) y en Comunicación y Tecnologías Educativas (ILCE). Docente de tiempo completo en el IPN, ha impartido clase en ENEP Aragón UNAM y en la Normal N° 1 de Ciudad Nezahualcóyotl. Instructora de cursos dirigidos a docentes en temáticas como didáctica, evaluación e investigación. Ha dirigido y participado en investigaciones educativas en el IPN, en el ámbito de procesos y evaluación de aprendizaje.

---

La edición de  
*Repensar las didácticas específicas.*  
*Una aportación multidisciplinaria a la enseñanza especializada*  
concluyó en el segundo semestre del año 2021.

Diseño editorial:



Calle Delicias n. 251, Chihuahua, Chih., México, 31135  
tels. 614 140 1305 / 614 482 6684, villalobos7@gmail.com



Registro Padrón Nacional  
de Editores 978-607-98139

ISBN: 978-607996420-7



9 786079 964207