

La investigación fuente de innovación en el diseño de secuencias didácticas en matemáticas

M. en C. Aguilar Viveros Priciliano

Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas, IPN

Dr. García Romero Héctor A.

Centro Formación e Innovación Educativa, IPN

M. en C. Pérez Murillo Susana E.

Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica-Ticomán, IPN

Resumen

En este trabajo pretendemos reflexionar cómo la investigación en educación matemática puede nutrirnos de elementos propicios para el diseño de estrategias innovadoras de enseñanza y aprendizaje que eventualmente puedan ponerse en acción con los estudiantes en la clase de matemáticas. Por ello, a través de la lectura de varios artículos intentaremos conceptualizar el término innovación educativa con la pretensión de reconocer a la investigación como fuente de innovación. A manera de ilustración presentaremos un ejemplo de una investigación realizada por Aguilar et al. (1997), en la cual diseñan una secuencia didáctica para construir la noción de función exponencial en estudiantes del nivel medio superior.

Palabras clave: Reflexión, reforma, enseñanza-aprendizaje, secuencia didáctica, instrumentación.

Abstract

In this work we try to reflect how the reserche in mathematical education can nourish us of propitious elements for the design of innovative strategies of teaching and learning that eventually can be put in action with the students in the class of mathematics. For it, across the reading of several articles we will try conceptuality the term educative innovation with the intention to recognize to the reserche as source of innovation. To way of illustration we will present an example of an reserche realized by Aguilar et al. (1997), in which they design a didactic sequence to construct the notion of exponential function in students of the upper medium level.

Key words: Reflection, reform, teaching - learning, didactic sequence, instrumentation.

Innovación educativa

¿Qué es innovación educativa?, ¿en qué momento y en qué medida podemos saber cuándo estamos desarrollando procesos innovadores en las clases, particularmente en matemáticas?, ¿qué caracteriza a una situación innovadora? En esta sección basándonos en algunos documentos, trataremos de responder a estos cuestionamientos, que son preguntas centrales de nuestro trabajo.

Carbonell (2002), señala que innovación educativa es un sinónimo de *renovación pedagógica*. Señala que ésta se entiende como un conjunto de ideas, procesos y estrategias, más o menos sistematizados, mediante los cuales se trata de introducir y provocar cambios en las prácticas educativas vigentes.

¿Cuáles cambios? Siendo un poco optimistas, agregaríamos que esos cambios deben ser radicales en el sentido de que se introduzca a los estudiantes en situaciones de aprendizaje significativo, lo cual, creemos, se puede lograr cuando los docentes en las clases dotan de significados a los conceptos.

También señala que la innovación educativa no va asociada necesariamente a la reforma o procesos de reforma educativa al menos por dos motivos:

1. porque el ámbito de la reforma es de carácter “macro” y afecta al conjunto del sistema educativo y el de la innovación es “micro” y se mueve en el ámbito más reducido y localizado del aula, la escuela y la comunidad educativa, y
2. porque muchas reformas, en sus intenciones y más aún en su aplicación generalizada, no siempre estimulan la innovación sino que muchas veces incluso la ignoran, la paralizan, la dificultan o la torpedean.

Refiriéndonos a nuestro sistema educativo, esto ocurre cuando las políticas educativas ejercen un control rígido sobre el currículum oficial, cuando imponen, por ejemplo, cual es el programa a seguir, el libro de texto, el material didáctico, entre otros. También por la centralización en la supervivencia de los estudiantes, más que en el propio aprendizaje. Definitivamente estas situaciones merman la generación de situaciones didácticas innovadoras, y con ello hasta la autonomía de los docentes.

Finalmente señala que no hay posibilidad de innovación sin un clima de confianza en el seno de los equipos docentes y en la comunidad escolar para compartir objetivos y proyectos comunes, y que toda innovación debe ir acompañada de asesoramiento, reflexión, investigación, formación y evaluación.

Un análisis de estas citas nos permite afirmar que de no haber academias y cuerpos docentes revitalizados en nuestro Instituto Politécnico Nacional (IPN), no habrá posibilidad de innovación educativa. Otro aspecto a enfatizar es la investigación educativa. A través de ella se pueden identificar y reconocer factores que normalmente

no se ven en los cursos o diplomados de actualización pedagógica por lo que podemos decir que la investigación antecede a todo proyecto de actualización pedagógica. Por esto coincidimos en que la formación y evaluación, como factores esenciales en todo sistema educativo, deben acompañarse de la investigación.

Por otra parte, Bruner (1997), y Rudduck (1999), (citados por Ramos, 2002), mencionan que innovar en la escuela es iniciar un proceso dialéctico entre las ideas, *- lo que se quiere o intenta hacer-* y la acción, *-lo que se hace-*, que permita cuestionar y cambiar las teorías psicológicas del profesorado, la estructura y cultura organizativa de la propia institución, el currículum, la organización y distribución espacio-temporal, las relaciones de poder y cómo éste se concreta en la práctica, las relaciones que la institución mantiene con el entorno... sin olvidar la importancia de modificar la actitud del alumnado ante la actividad educativa.

Así, innovar no es solo cambiar la práctica docente, sino cambiar los valores, las creencias, y las ideas que fundamentan la acción del profesorado y del alumnado (Ramos, 2002.)

Las creencias se desarrollan a lo largo de los años, en el entorno de la escuela, con los compañeros estudiantes, con los maestros, con el sistema educativo. Un ejemplo bastante generalizado y que habitúa mucho en los profesores es que en sus clases siguen estrategias de enseñanza vistas como estudiante en sus profesores: “yo aprendí así este tema, pues así lo enseñé”. Está documentado que los profesores intentan desarrollar y mejorar procesos educativos a través de la experiencia, pero que ese paradigma de enseñanza no resulta ser el más propicio para permitir el desarrollo matemático de los estudiantes.

Las creencias no son fáciles de cambiar. Por el contrario, es un aspecto que normalmente en el caso del profesorado se logra paulatinamente a través de la investigación y de la autocrítica. Pero aquí hay que señalar también las creencias de los estudiantes. Ellos están habituados a un sistema de enseñanza, de estudio, de tareas, de exámenes, de horarios, que forma un esquema complicado de modificar. Siempre encontraremos estudiantes que dicen “yo estudio cuando falte un día para el examen, o “¿por qué me pones a resolver problemas, en vez de ejercicios?”. ¿Cómo los profesores vamos a cambiarles esa situación? Nuestro sistema educativo tiene “trampas” y contradicciones. Por un lado hay que diseñar estrategias innovadoras de enseñanza, lo cual es generar ambientes propicios para que nuestros estudiantes

confieran significados a lo que se hace, pero por otro nos vigilan el avance de un programa, lo cual no permitirá la profundidad en los temas que se aborden.

Las citas de Bruner y Rudduck hablan de un cambio en las teorías psicológicas que deben hacer los profesores para la instrucción en el aula. Una situación que ocurre en el IPN es que los profesores cursan diplomados con ese fin, pero como hemos mencionado, ésta ha sido una forma inexacta para lograr este cambio, pues los profesores siguen utilizando los sistemas de creencias para desarrollar sus clases.

Hemos utilizado ya los términos enseñanza y aprendizaje, y no los hemos caracterizado en el marco de la innovación educativa.

Ramos (2002), señala que enseñar es fomentar el desarrollo intelectual autónomo y crítico del alumnado a través de su participación e implicación activa en diferentes proyectos y experiencias compartidas que promuevan diferentes maneras de pensar, argumentar, debatir y descubrir la validez de las propias concepciones e hipótesis de la realidad.

De esta manera nuestra enseñanza debe ir encaminada a la formación de estudiantes críticos, así como fomentar el desarrollo intelectual autónomo. Esto significa que debemos propiciar y/o potenciar en los estudiantes habilidades superiores del pensamiento. Pero, ¿en qué momento aseguramos que ellos han logrado un aprendizaje en el marco de la innovación educativa?

Aprender es un proceso situado y sociocultural y también personal de apropiación de las herramientas y bienes culturales a través de la continua interacción de los conocimientos cotidianos del alumnado con el conocimiento científico, social y cultural-usadas en situaciones funcionales y actividades significativas y relevantes (Ramos, 2002).

De este modo, los profesores habrán propiciado aprendizaje cuando los estudiantes son capaces de dar significado a los conceptos en diferentes situaciones y en diferentes contextos. Situándonos en nuestro sistema educativo, ¿cómo con un paradigma tradicional de enseñanza vamos a lograr que los estudiantes vean la matemática funcional, significativa y relevante? Reiteramos que la didáctica que impera en el aula no resulta ser la más propicia para lograr esto. No obstante, nuestra

hipótesis es que a través de la investigación educativa podremos identificar y reconocer elementos que deben portar las situaciones de enseñanza para tales fines.

Situación escolar

La matemática no se ha desarrollado para ser enseñada, es decir, en ámbitos escolares, sino para resolver problemas de diferentes disciplinas entre las que destacan la física, la química, la ingeniería, la biología, la economía y la propia matemática. Y los conceptos matemáticos tienen un *origen*, un *desarrollo* y un *funcionamiento*. Así, cuando se introduzca a los estudiantes en los problemas que dieron origen a los conceptos, tendrán la posibilidad de conferir significados, y pueden reconocer las matemáticas como una *necesidad* que permite el crecimiento de diferentes disciplinas científicas. Empero, la presentación que se ha dado a las matemáticas en los libros de texto no rescata esta situación. Más bien, son un recetario de métodos, un conjunto de definiciones y teoremas, que son los productos del pensamiento matemático. Pero no presentan los procesos mediante los cuales se ha llegado a dichos productos, esto es, no rescatan el origen, el desarrollo y el funcionamiento. Son una transposición del pasado que normalmente se presenta descontextualizada y en diferente orden al que fueron desarrolladas y descubiertas en la historia.

Otra situación en relación a los libros es que, al provenir de países diferentes al nuestro, obedecen a múltiples propósitos que no necesariamente corresponden a los nuestros, por lo que los estudiantes no se verán motivados a estudiarlos.

Por eso nuestra aportación en este trabajo es evidenciar cómo la investigación puede permitir el desarrollo de situaciones didácticas que eventualmente pueden ponerse en acción en el aula para obtener mejores resultados que los que ofrece la experiencia docente. Con el fin de exhibir esto, usaremos un ejemplo de una secuencia de actividades desarrollada y presentada por Aguilar, et al. (1997).

Desarrollo metodológico

Antes del diseño de la *secuencia didáctica* hicimos una revisión de cómo es introducido el concepto de exponente y la función exponencial en los libros utilizados por los profesores. Asimismo, hicimos una revisión de artículos relacionados al estudio

de la función exponencial o logarítmica, con el fin de identificar y reconocer lo que se había hecho.

La investigación consiste en el *diseño, puesta en escena y análisis de resultados* de una secuencia de actividades encaminada a que los estudiantes construyan la noción de función exponencial, favoreciendo la ejecución de acciones, las cuales serán desarrolladas paso a paso, a través de criterios geométricos, localizando puntos en el plano, observando las dificultades para obtenerlos, escribiendo tablas e identificando regularidades que propicien la generalización. Todo ello, siguiendo la metodología de la *ingeniería didáctica*¹, donde los estudiantes del nivel medio superior formaron equipos de tres o cuatro integrantes y los datos se colectaron a través de apuntes, tanto de los estudiantes como de los instructores, de grabaciones en cintas y en videos.

La situación didáctica diseñada se centra en elementos geométricos y gráficos que se requieren en las actividades en las que se solicita efectúen trazos y la localización de puntos en un sistema coordenado rectangular. Inducción de lo local a lo global, que se presenta en las actividades en las que les solicita argumentar la posibilidad de localizar otros puntos, y en las que se deberá argumentar sobre los cocientes y las diferencias que se observarán en otras tablas diferentes a las analizadas. También está presente el elemento de generalización, el cual se puede encontrar en la actividad en que se les sugiere analizar si las regularidades detectadas para 2^x se observarán en otras funciones.

Exploración preliminar: Una vez que hemos visto que es posible hacer una construcción geométrica de la función 2^x , el interés ahora es reconocer las concepciones que de esta función tienen los estudiantes en el medio escolar. Para ello, hacemos una exploración preliminar a través de un cuestionario con el siguiente propósito: “Tener un primer acercamiento a las concepciones que los estudiantes tienen sobre la función 2^x ”.

¹*Ingeniería didáctica:* Es una metodología de investigación que incluye una exploración preliminar, elaboración de predicciones, puesta en escena y observación, análisis a posteriori y resultados. El análisis preliminar se centra en las componentes epistemológica, cognitiva y didáctica.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- 2^x es una función solo para los enteros, ya que interpretan 2^x como multiplicar 2 por si mismo " x veces".
- Cuando $x < 0$ no hay una interpretación uniforme para 2^x como lo muestran las siguientes respuestas: $2^{-3} = .002$, $2^{-3} = (-2)(-2)(-2) = -8$, $2^{-3} = \frac{1}{2^3}$.
- Si x no es entero, 2^x es solamente una notación ($2^{\frac{1}{2}} = \sqrt{2}$; $2^{\frac{1}{3}} = \sqrt[3]{2}$), 2^π es un número que no se puede calcular ya que carecen de un algoritmo para calcularlo y sólo se pueden obtener las aproximaciones de la calculadora.

La intención ahora es observar qué logros y qué dificultades se presentan cuando los estudiantes abordan la secuencia didáctica prediseñada de la construcción de la función 2^x , que como hemos dicho, incluye actividades que solicitan algoritmos geométricos que podrían ser útiles para construir la función, así como la elaboración de tablas donde podrán identificar regularidades. La secuencia se puede consultar en Cantoral et al., (2000).

Conclusiones

Con base en las observaciones la secuencia de actividades permitió a los estudiantes:

- Romper la idea de que 2^x solo tiene sentido para cuando x es un número entero.
- Manipular el número $2^{\frac{1}{2}}$, ya que obtuvieron segmentos de longitud $2^{\frac{1}{2}}$.
- Reconocer la naturaleza creciente de 2^x .

Reflexiones

Como puede verse, el desarrollo de la investigación fue útil para que los estudiantes se convencieran y cambiaran las creencias que tenían acerca de la función exponencial. Esto se logró a través de una construcción de significados de la función exponencial, lo cual permite afirmar que el diseño de la secuencia didáctica y la metodología de investigación son elementos esenciales para lograr aprendizajes significativos.

La secuencia didáctica consta de cuatro etapas, y en su puesta en escena, cada vez que los estudiantes tenían en avance significativo de cada etapa se hacía una pausa para que los equipos expusieran lo que habían obtenido en forma grupal. El equipo que exponía era el que menos avances tenía en la etapa, con la intención de que en la discusión grupal pudiera haber más riqueza y todos los estudiantes tuvieran la posibilidad de lograr un aprendizaje satisfactorio.

Nótese el último punto en las conclusiones. Algunos estudiantes lograron construir elementos de niveles más altos de entendimiento, lo cual significa que la secuencia permitió propiciar o potenciar la abstracción, que es una de las habilidades superiores del pensamiento matemático.

También es preciso señalar que en la resolución de las actividades de la secuencia la participación de los instructores no es ayudar, sino a enfatizar sobre las ideas propiamente expresadas por los estudiantes, y, sobre todo, aquellas que pueden ayudarlos más. Así podemos decir que la secuencia por sí sola tiene ese factor de posibilitar el descubrimiento. De hecho, el elemento esencial de cada secuencia es inducir al descubrimiento.

En esencia, basándonos en lo sucedido en el desarrollo de la aplicación de la secuencia didáctica, si los profesores desarrollaran investigación educativa y ponen en acción en el aula los hallazgos,

1. habrá cambios radicales en las prácticas pedagógicas,
2. puede cambiar la estructura y cultura organizativa de la propia institución, y con ello sobre el currículum,
3. se contribuiría a cambios positivos en las relaciones de poder y cómo éste se concreta en la práctica educativa,
4. hay la posibilidad de un desarrollo intelectual autónomo y crítico del alumnado a través de su participación (en el estudio se mostró en el trabajo cooperativo),
5. se propicia la argumentación, el debate y el descubrimiento y validez de las propias concepciones e hipótesis de la realidad por parte de los estudiantes,
6. se fomenta la interacción de los conocimientos cotidianos del alumnado con el conocimiento científico,
7. tienen una modificación en los sistemas de creencias.

En el trabajo en equipo los estudiantes socializan el conocimiento. Para generar aprendizajes en el marco de la innovación educativa, y de acuerdo con Ramos, (2002), creemos que la investigación debe atender también aspectos relacionados con la apropiación de las herramientas y bienes culturales, a través de la continua interacción de los conocimientos cotidianos del alumnado con el conocimiento científico, social y cultural usadas en situaciones funcionales y actividades significativas y relevantes.

Bibliografía

Aguilar, P., Lezama, J., Moreno, J. & Farfán, R. (1997). *Estudio didáctico de la función 2^x* . Acta de la Reunión Latinoamericana de Matemática Educativa.

Cantoral, R., Farfán, R., Cordero, F., Alanis, J, Rodríguez, R & Garza, A. (2000). *Desarrollo del pensamiento matemático*. Preedición. Editorial Trillas. México.

Cañal, P. (2002). *Innovación educativa*. Editorial Siglo XXI. España.