

La enseñanza de la Matemática en carreras profesionales: tensiones entre contenidos y propuesta didáctica

Coordinadora

Marta Bonacina
Universidad Nacional de Rosario. Argentina

Participantes

Uldarico Malaspina
Pontificia Universidad Católica de Perú. Perú
Pablo Carranza
Universidad Nacional de Río Negro. Argentina
Adriana Engler
Universidad Nacional del Litoral. Argentina
Marta Bonacina
Universidad Nacional de Rosario. Argentina

Introducción al simposio

Las importantes dificultades que presenta la enseñanza de la Matemática son bien conocidas y de vieja data. El problema es que más allá de todo lo que se ha investigado y hecho para aliviar esta situación, las dificultades siguen existiendo hoy igual que ayer. Al contrario de quienes piensan que en el Ciclo Superior estas dificultades son menores, es en este ciclo donde actualmente se ha llegado a un punto realmente crítico. A las dificultades “algebraicas” que tradicionalmente traían los estudiantes, hoy se han agregado otras mucho más graves y difíciles de resolver. Una de ellas: los hábitos o modos de trabajo adquiridos. Estos se manifiestan con una regularidad fácilmente observable pero difícil de modificar y tienen su correlato en “la forma” como el conocimiento fue impartido. Hace años ya Chevallard calificó a la enseñanza de “monumentalista”, en el sentido que priorizaba la visita de los saberes y rechazaba la dialéctica “cuestión-respuesta”. Actualmente esta problemática ha recrudecido. Y este fenómeno explica por sí solo las dificultades de los estudiantes para “dar sentido” al objeto matemático que se le enseña.

A esta problemática se agrega otra tanto más grave que la anterior: el mundo está inmerso en un cambio de paradigma y no todos los actores del sistema aceptan o reconocen este hecho.

Y este es un hecho que pueda ser desatendido en el Nivel Superior, ámbito donde se forman los futuros profesionales o investigadores que deberán dar respuesta a los cada vez más difíciles problemas que nos agobian (ecológicos, climatológicos, energéticos, urbanos, producción de alimentos, conservación de suelos, etc).

Adaptarse a los nuevos tiempo, sus exigencias, implica una profunda reforma educativa referida no sólo a contenidos sino, y particularmente, a la forma en que tales contenidos se deben enseñar.

Por otro lado, la implementación de planes de estudio basados exclusivamente en el “cambio o reordenamiento de contenidos” estarían indicando que las principales razones de la crisis que atravesamos están “fuera del aula”; que, por ende, su resolución no depende sólo de los implicados en forma directa en el “acto educativo” (o sea, de estudiantes y profesores).

Cabe aclarar que esta apertura del campo de acción de la didáctica con el objeto de tener en cuenta el papel de la institución en el proceso educativo es algo relativamente reciente. Superada entonces la idea ingenua de que los problemas del “aula” se resuelven en el “aula” se reconoce entonces la necesidad de ampliar la mirada, tener en cuenta que estos problemas son y competen a la comunidad educativa en su conjunto (estudiantes, profesores y autoridades).

Ampliar la mirada permite entender el porque de nuestro fracaso en el aula. Los objetivos de las carreras de grado responden cada vez más a propósitos muy distantes de los que una formación humanista debe perseguir. Se profundiza la fragmentación del conocimiento y se potencia la función evaluadora del docente. O sea, lo importante es “cuantos” se reciben, no “cómo”. Está comprobado que acciones como estas refuerzan los modos de enseñanza y aprendizaje “pasivos”; que no promueven la autonomía de pensamiento y el ejercicio de la reflexión crítica que debe caracterizar al profesional del mundo que viene, que favorecen la dependencia y la aceptación acrítica de verdades impuestas por quienes priorizan sus intereses a los de la comunidad toda.

Instituciones que hasta ayer fueron fuente de nuestro avance se han transformado en organizaciones rígidas y frustrantes que son verdaderos “bretes” que condicionan y no dejan avanzar a quienes intentan hallar soluciones ciertas y viables del problema. La gran organización de la era industrial devino en burocracia, se requiere entonces encontrar otra forma de organización que permita enfrentar los cambios de manera más flexible, que contemple la complejidad del mundo actual.

Enseñar no es fácil; pero si el desafío nos convoca, si nos sentimos preparados y capaces de enseñar, seguro somos los primeros en olvidar esta verdad y, fundamentalmente, de olvidar que el fruto de nuestra labor no depende sólo de nosotros ni sólo de nuestros estudiantes.

Porque como dice Carlos Cullen en *Críticas de las razones de educar*:

... es difícil ser docente en tiempos de la “realidad simulada virtualmente” y de la “verdad negociada pragmáticamente”. Que por ello, y sin quererlo, comenzamos a relacionarnos con el conocimiento de la única manera que lo hace imposible: **escépticamente** (y esto no es casual, creo que a muchos les interesa que quedemos presa del escepticismo y del desaliento). La formación de una “élite intelectual”, no necesita de buenos docentes”.

Por último transcribo un párrafo que seguramente y junto al anterior nos motivará a la reflexión:

“Resulta sugestivo que las crecientes dificultades de la sociedad contemporánea para abordar los problemas educativos y la creciente rigidez de sus organizaciones hayan sido tradicionalmente tratadas como si fueran fenómenos diferentes, casi desconectados unos de otros.....” (Gore y Dunlap, 1988)

La inclusión de este Simposio en el Congreso tiene que ver con la convicción de que la formación matemática que se brinde a nuestros estudiantes puede y debe estar sustentada tanto en el aprendizaje significativo de los objetos matemáticos como en el desarrollo de capacidades que hagan de ellos sujetos cuyo devenir transcurra en el siguiente circuito



que esto se puede lograr con la Matemática con sólo cambiar el *propósito* de la enseñanza de la misma; es decir, poniendo el énfasis en enseñar “*cómo hacer para pensar*” y no “*qué pensar*”.

En definitiva porque estamos convencidos de que se impone un cambio, más aún, una ruptura con los paradigmas que han sido detectados como perjudiciales para la enseñanza de la Matemática, para poder encarar así la imprescindible y ambiciosa modernización curricular que se necesita en estos tiempos; tarea que deberá estar sujeta a una revisión y explicitación crítica de los supuestos científicos, epistemológicos, didácticos y psicológicos que la sustenten.

El estímulo al autoaprendizaje y la creatividad como propuesta didáctica

Uldarico Malaspina Jurado

Autoaprendizaje, creatividad, creación de problemas, formulación de preguntas

Resumen

En el presente artículo se presenta el estímulo a la creatividad y al autoaprendizaje como propuesta didáctica para la enseñanza de las matemáticas, teniendo en cuenta el contexto global actual y la necesidad de contar con ciudadanos, técnicos y profesionales proactivos y creativos en los diversos campos del conocimiento.

El acelerado crecimiento de la cantidad de conocimientos en la sociedad, no debe ser una razón para que en los planes de estudio se considere una abrumadora cantidad de temas a tratar, sino una razón más para poner énfasis en propuestas didácticas que den las bases y estimulen el autoaprendizaje.

La matemática brinda excelentes ocasiones para estimular el autoaprendizaje y la creatividad; sin embargo, en los cursos de matemáticas de todas las carreras profesionales, lo usual es la clase expositiva, la resolución de problemas de textos y eventualmente el estímulo a responder preguntas cerradas. Estos, no son precisamente los medios adecuados para estimular la creatividad y la actitud proactiva.

En las aulas universitarias los estudiantes resuelven problemas redactados por otras personas, que contienen todo lo necesario para ser resueltos; pero esto no ocurrirá en el ejercicio profesional, sobre todo de los profesionales que requiere la sociedad del conocimiento y la información. Profesionales que vayan más allá de la rutina; que identifiquen problemas, que hagan innovaciones y que investiguen. Es importante poner énfasis en el estímulo a plantear preguntas y a crear problemas, como parte de la formación profesional para la identificación de problemas y para la investigación. Estimular la creación de problemas tanto individual como grupalmente, es una forma de aportar al autoaprendizaje y a la profundización de conceptos, de apreciar la belleza de las matemáticas y de sentir que es posible contribuir a sus aplicaciones y a su permanente expansión.

Introducción

El incremento acelerado en la producción de conocimientos en nuestras sociedades es una realidad que presenta desafíos a los educadores en su rol de formar ciudadanos, técnicos y profesionales que más allá de la comprensión de su entorno científico y tecnológico, sean agentes

activos en ella y no meros usuarios de la tecnología. El Consejo Nacional de Educación del Perú (2011) nos dice: “Más que acopiar conocimientos inertes, hoy se requiere aprender a utilizarlos; más que reproducir información, hoy se requiere producir conocimiento a partir de una relación crítica y dinámica con ella” (p. 11).

El proyecto Tuning, dedicado a una reflexión profunda sobre la educación superior, que busca unificar criterios estructurales, organizativos y funcionales en la educación, fue desarrollado inicialmente en Europa y para Europa, con la participación de 135 universidades europeas que trabajaron desde el 2001 y posteriormente se amplió considerando Latinoamérica. Como es de imaginarse, es natural que hayan contextualizado estas reflexiones; así, en el capítulo denominado Contextualización, del informe final, afirman:

El desarrollo económico y social, en el momento actual, se caracteriza por la incorporación de un nuevo factor productivo, basado en el conocimiento y en el manejo adecuado de la información. Es evidente la intensidad, diversidad y velocidad con las que día a día se crean nuevos conocimientos, lo cual implica que las sociedades deben prepararse y estructurarse para aplicar estos avances, de una manera eficaz e innovadora a sus procesos tecnológicos. (Beneitone, P., Esquetini, C., González, Marty, Siufi, & Wagenaar, 2007, p.23)

Como decíamos en Malaspina (2013) “Convertir la información en conocimientos requiere creatividad, razonamiento lógico, capacidad para identificar y resolver problemas, capacidad de autoaprendizaje y manejo de la información con criterios científicos” (p.41). Evidentemente, esto será difícilmente logrado por nuestros futuros ciudadanos si los profesores, desde ahora, no estimulamos tales capacidades en todos los niveles educativos. Más aún, consideramos que tal responsabilidad docente recae con mayor fuerza en los profesores de ciencias y de manera muy particular en los profesores de matemáticas, por la estrecha vinculación de ésta con el razonamiento lógico y la resolución de problemas. Así, nuestra sociedad requiere de profesores que, además de conocimientos y habilidades matemáticas, sepan transmitir a sus estudiantes una permanente actitud reflexiva, crítica y creativa. Ciertamente, esto no se podrá conseguir usando métodos basados fuertemente en clases expositivas o en tareas rutinarias. El profesor tiene que ser innovador y creativo en su ejercicio docente, interactuar con sus alumnos y transmitirles vivencialmente, emocionalmente tales actitudes para ayudar a desarrollar el autoaprendizaje y la inventiva de sus estudiantes. Este requerimiento es indispensable tanto para la educación básica como para todas las especialidades de la educación superior, pues la sociedad necesita profesionales productores de conocimientos en todos los campos del saber.

Enseñanza y aprendizaje de las matemáticas

Se enseña matemáticas en todos los niveles educativos y prácticamente en todas las carreras profesionales. La importancia de enseñarlas adecuadamente y las dificultades percibidas para su aprendizaje, han llevado a estudios muy cuidadosos y profundos que han constituido ya una disciplina científica que en países como Alemania, Francia e Italia la denominan “didáctica de las matemáticas” y en otros países, sobre todo los anglosajones, la denominan “educación matemática”. Cabe mencionar que el énfasis de las investigaciones en este campo está en los niveles básicos de educación, si bien es cierto que hay estudios muy serios como los de David Tall, Ed Dubinsky y otros investigadores sobre procesos de enseñanza y aprendizaje en el nivel universitario, en el marco del denominado “pensamiento matemático avanzado”. Cabe destacar la publicación hecha en el 2002 por la International Commission on Mathematical Instruction, como un ICMI Study, editada por Dereck Holton: *The Teaching and Learning of Mathematics at University Level*.

Lo real es que a diferencia de lo que ocurre con la educación secundaria, para la cual hay centros de formación de profesores de matemáticas a nivel de licenciatura, no hay – o son excepcionales – centros de formación de profesores de matemáticas para la educación primaria y tampoco para la educación superior. Algunas universidades ofrecen especializaciones a nivel de diplomaturas o de maestrías. Paradójicamente, en la educación primaria, los profesores, dedican buena parte de su ejercicio docente a enseñar matemáticas y ante sus dificultades reconocen que no fue suficiente ni muy adecuada la formación en matemática y su didáctica que recibieron en los años de licenciatura.

Por otra parte, en la educación superior, es muy frecuente afrontar dos problemas: gran número de alumnos en las aulas y gran número de temas que se pretende cubrir en cada asignatura. Tales problemas suelen tener como soluciones las clases expositivas, pues así el profesor puede exponer los temas considerados en el sílabo del curso asignado y pueden escucharlo tantos alumnos como dé la infraestructura disponible. Los avances tecnológicos permiten clases grabadas, clases en varios salones en circuito cerrado, cursos a distancia, etc. En el caso de las matemáticas, los profesores generalmente son matemáticos o ingenieros seleccionados por la universidad bajo el criterio implícito o explícito que “si sabe matemáticas, enseñará bien matemáticas”, lo cual significa considerar – erróneamente – que saber matemáticas es una condición suficiente para enseñarlas bien. Lo cierto es que saber matemáticas es una condición necesaria para enseñar matemáticas, pero no es una condición suficiente. Además, se identifica – también erróneamente – el “enseñar bien” con el “explicar bien”. La formación matemática de los futuros profesionales se complementa entonces con un plan de estudios que contiene, en su mayoría, temas que se vienen enseñando desde hace muchos años. Los resultados son diversos, dependiendo de las exigencias de

cada universidad y de cada profesor, pero lo que es evidente es que en todas las situaciones descritas, el papel del alumno es completamente pasivo, receptivo y con pocas posibilidades de preguntar y menos de interactuar con el profesor. El aprender matemáticas se reduce a emplear determinadas técnicas o algoritmos, a memorizar algunos teoremas o resultados, quizás incluyendo sus demostraciones y generalmente a resolver problemas parecidos a los que el profesor resolvió en clases, a los que están en el texto o a los que se usaron en evaluaciones pasadas.

Si en el plan de estudios seguido por un ingeniero encontramos uno o dos cursos de matemática básica (pre cálculo), cuatro cursos de cálculo diferencial e integral, uno o dos cursos de estadística y un curso de álgebra lineal ¿podemos concluir que ha sido bien formado matemáticamente? Ciertamente, la respuesta no puede ser afirmativa, sin tener información adicional sobre la forma en que han sido impartidos los cursos. Con clases solamente expositivas y con poca participación del estudiante para descubrir, relacionar y construir conocimientos y con pocos o inexistentes estímulos a investigar, ocurre fácilmente que quienes aprobaron tales cursos, pronto olviden muchos de los temas tratados y que se queden solo con el uso de ciertas técnicas o algoritmos, que además son fácilmente aplicables usando computadoras o calculadoras. Se podría decir que el haber conocido temas de matemática superior y el haber tenido que usarlos para resolver problemas en las evaluaciones, son contribuciones a su formación matemática; sin embargo, consideramos que son contribuciones muy pequeñas, teniendo en cuenta que nuestra sociedad requiere de profesionales, técnicos y ciudadanos en general con gran capacidad creativa y de autoaprendizaje.

Autoaprendizaje

Nuestras propias experiencias nos dan razones claras para valorar el autoaprendizaje, pues una mirada a lo que ahora hacemos profesionalmente o enseñamos en nuestras clases seguramente que difiere bastante de lo que aprendimos hace muchos años. Podemos percibir el aporte del autoaprendizaje, quizás cultivado a “contra corriente”, por necesidad y con mucho esfuerzo, por haber sido aprendices pasivos. Pero la cantidad de conocimientos crece cada vez más rápidamente y mucho de lo aprendido se vuelve obsoleto en menor tiempo; en consecuencia es fundamental cultivar el autoaprendizaje desde la escuela y la universidad. Cabe recordar el informe del Proyecto Tuning al que nos referimos en la introducción:

Tomando en cuenta la constante y vertiginosa transformación actual del mercado de trabajo, hay que considerar como cierto la rapidez con la que los conocimientos se vuelven obsoletos. Es preciso, entonces, que los estudiantes incorporen en sus procesos de enseñanza-aprendizaje,

competencias que les brinden esa capacidad de adaptación permanente al cambio, pero, al mismo tiempo, que los formen como ciudadanos comprometidos. (Ibíd., p. 24)

Y cabe aclarar también que la adaptación al cambio supone más que un mero conocimiento del cambio, y que ser ciudadano comprometido supone buscar avances del cambio y ponerlo en mejores condiciones para el servicio a los demás.

Es pues cada vez más urgente que en todos los niveles educativos se tenga como objetivo prioritario estimular y cultivar el autoaprendizaje; es decir, el aprender por uno mismo. El autoaprendizaje está relacionado no solo con aprender a aprender sino también con aprender a desaprender lo que se aprendió erróneamente. Es todo un proceso que requiere de creatividad, curiosidad científica y capacidad tanto de articular conocimientos como de conjeturar, para luego demostrar o rechazar lo conjeturado. Ciertamente, los avances tecnológicos en la información y en la comunicación son un gran apoyo para el autoaprendizaje y la investigación, pero lo fundamental será que los profesores brindemos a nuestros alumnos experiencias que vayan más allá de recibir exposiciones brillantes; experiencias que favorezcan el aprendizaje autónomo, pues en los años de vida estudiantil no se puede aprender todo lo que se requerirá en la vida como ciudadano, técnico o profesional. En el último apartado de este artículo resumimos algunas experiencias concretas en esta perspectiva, en clases universitarias de matemáticas.

Si estimulamos en nuestros estudiantes la capacidad de autoaprendizaje, no será indispensable cubrir todos los puntos de un programa, sino seleccionar adecuadamente una parte de ellos y trabajarlos con gran participación de los estudiantes, de modo que estén en condiciones de autoaprender los temas no tratados.

Creatividad y matemáticas

Consideramos pertinente tomar algunos párrafos de Malaspina (2013): Pehkonen (1997) nos dice que “comúnmente, la gente piensa que creatividad y matemáticas no tienen nada que hacer una con otra” (p. 63) y Chan (2008) comenta que al tratar con profesores el tema de creatividad, los estímulos para que los niños sean pensadores creativos parecen centrarse más en disciplinas que no están relacionadas con las matemáticas; a ser imaginativos en la redacción de ensayos, en obras de arte, en el diseño de páginas web, en proyectos de ciencias o ciencias sociales. (p. 208). A los matemáticos educadores nos cuesta creer que no se relacione creatividad por lo menos con la resolución de problemas, que parece infaltable en las clases de matemáticas; sin embargo parece coherente con una concepción de la matemática centrada en el pensamiento deductivo, en

operaciones y algoritmos, y de la resolución de problemas centrada en problemas cerrados, con obtención de resultados predeterminados.

Bishop (1981) sostiene que en matemáticas se necesitan dos modos de pensamiento muy diferentes y complementarios: el pensamiento creativo, para el cual la “intuición” es lo típico, y el analítico, para el cual la “lógica” es lo típico. La verbalidad, que es unidimensional, está relacionada a la lógica; y la visualidad, que usualmente es bi o tridimensional, está vinculada a la intuición. Este planteamiento nos da una pauta para examinar nuestras clases, pues estimularemos poco el pensamiento creativo si en las clases de matemáticas enfatizamos la verbalidad y no damos lugar a que el estudiante intuya resultados o demostraciones, verifique o rechace sus propias conjeturas y a que construya formas de visualizar relaciones entre objetos matemáticos. En este sentido es muy importante el equilibrio entre lógica y creatividad. Pehkonen (1997) sostiene que si se pone mucho énfasis en la deducción lógica, se reducirá la creatividad; que lo que se gana en lógica se perderá en creatividad y viceversa.

Es pertinente recordar que Polya (1962, p. vii) considera dos aspectos fundamentales en el conocimiento matemático: información y “saber cómo” (know-how) y le da especial importancia al segundo, precisando que con él se refiere a la habilidad para resolver problemas que requieren independencia, juicio, originalidad y creatividad.

Los párrafos anteriores, nos llevan a coincidir con Eric Mann (2006), matemático y doctor en psicología educacional, que sostiene que la esencia de las matemáticas es la creatividad. En la misma línea, Ginsburg (1996) afirma que la esencia de las matemáticas es pensar creativamente, no simplemente llegar a la respuesta correcta.

Formulación de preguntas y creación de problemas

Las reflexiones de los apartados anteriores nos llevan a plantearnos cómo estimular en nuestros estudiantes la creatividad y el autoaprendizaje. En ese sentido, reafirmamos lo que dijimos en Malaspina (2013): “La creatividad no podemos limitarla a ser “*reactiva*”; es decir, a actuar solo al tener que resolver un problema. Es importante que la creatividad sea también “*proactiva*”; es decir, que lleve a formular (se) preguntas y a proponer (se) problemas”.

Coherentes con este planteamiento, consideramos que una forma importante de estimular la creatividad y el autoaprendizaje es mediante incentivos a la formulación de preguntas y a la creación de problemas, que incluye la búsqueda de ejemplos y contraejemplos, así como la formulación de conjeturas y demostraciones o rechazos de éstas.

Experiencias didácticas

En *UNIÓN – Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, en “El rincón de los problemas”, presentamos desde diciembre del 2011 diversas reflexiones y experiencias didácticas vinculadas con la creación de problemas. Ahora, con ánimo de mostrar experiencias concretas en aulas universitarias, presentamos parte de las experiencias desarrolladas en clases de cursos de Precálculo y de Análisis Matemático. El marco general que orienta las clases puede verse en Malaspina (2013, p 46). Otras experiencias, incluyendo aspectos fundamentales de la formación de profesores, se exponen en Malaspina (2012).

- *Funciones crecientes (reales, de variable real)*

Mostramos a grandes rasgos una forma de trabajar con toda la clase, haciendo preguntas para hacer interactuar a los alumnos, dejando libertad a que formulen preguntas y discutan entre ellos, usualmente en parejas.

Antes de dar la definición formal, se pide que los alumnos manifiesten las ideas que asocian con la expresión “función creciente”

Las ideas de los alumnos van acompañadas de gestos manifestados con las manos, indicando trazos rectilíneos “que suben”, de izquierda a derecha.

Se pregunta qué se puede afirmar de los gráficos en los que “se sube” de derecha a izquierda.

Se ve la necesidad de ponerse de acuerdo en “el sentido” en que un gráfico representa una función creciente (de izquierda a derecha o de derecha a izquierda). Nos ponemos de acuerdo, considerando de izquierda a derecha, por corresponder mejor a una idea que llegan a formular los alumnos: “si la función es creciente, cuanto mayor es el valor de la variable independiente, mayor es el valor que le corresponde, según la función.”

Se pide que los alumnos hagan trazos en la pizarra que correspondan a las ideas de función creciente.

¿Solo pueden ser trazos rectilíneos? Se evidencia que no.

¿Cómo expresar con símbolos lo que se expresa gráfica y verbalmente? .

Se llega a la definición formal de función creciente.

¿Cómo expresar las distintas formas de crecimiento en gráficos de funciones como los siguientes?

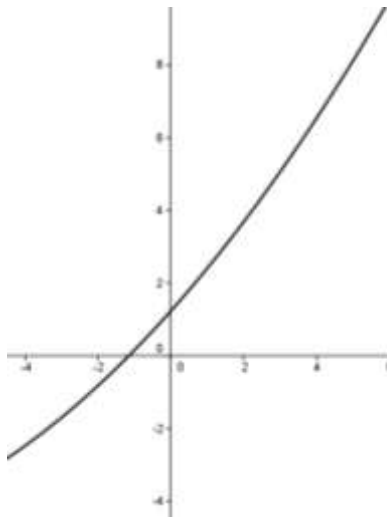


Figura 1

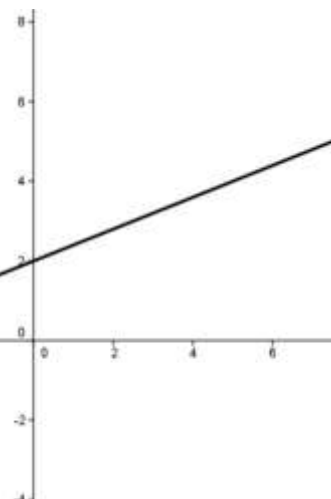


Figura 2

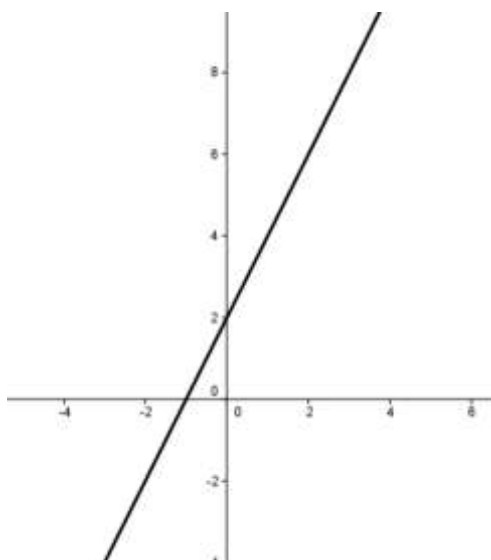


Figura 3

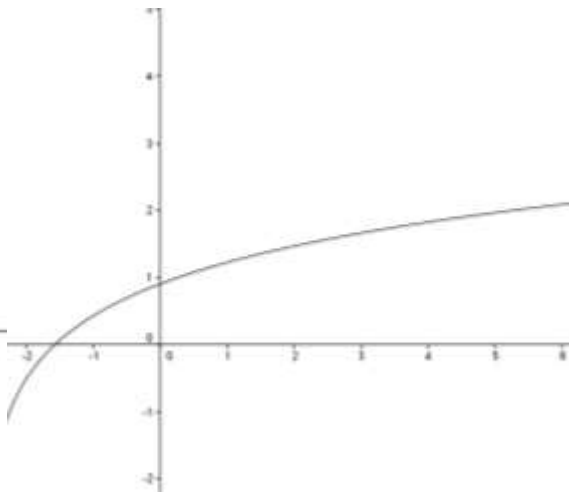


Figura 4

Los alumnos llegan a expresiones como “funciones que crecen cada vez más rápidamente” (Fig.1), “funciones que crecen cada vez más lentamente” (Fig.4), “funciones que crecen con variaciones constantes” (Fig.2 y Fig.3. Aclaran que en la Fig. 3 el crecimiento es más rápido que en la Fig2).

Se pide que den ejemplos de funciones en la vida cotidiana que correspondan a las formas de crecimiento encontradas. Se aclara que no se trata de dar expresiones algebraicas.

Una pregunta que ayuda a entender lo que se pide: ¿cómo se representaría la función que asocia la edad de una persona con su talla, desde que nace? ¿Es siempre creciente?

Se deja como tarea trabajar en grupos y traer ejemplos específicos de funciones con diversos tipos de crecimiento y con expresiones simbólicas que demuestren tal tipo de crecimiento.

Es materia de un artículo comentar los resultados que se obtienen y lo importante que resulta una clase con esta dinámica cuando se tiene que trabajar los conceptos de derivada y de concavidad de funciones.

- *Cálculo integral*

A continuación detallamos la pregunta inicial y las preguntas preparadas para orientar la formulación de preguntas-problemas por los alumnos, al hacer una sesión de revisión conjunta de lo avanzado en el estudio de la integral definida.

¿Qué preguntas podemos formularnos, teniendo como única información de una función real de variable real que?

$$\int_{-3}^3 f(x)dx = 8 ?$$

- ¿f tiene que ser continua en [-3; 3]?
- ¿Tiene que cumplirse que $f(x) > 0$ para todo x del intervalo [-3; 3]?
- ¿f puede ser cóncava en [-3; 3]?

Algunas preguntas elaboradas por los alumnos fueron:

- 1) *¿f puede ser creciente en [-3; 3]?*
- 2) *¿f puede ser una función con expresiones algebraicas diferentes en dos subintervalos de [-3; 3]?*
- 3) *¿f puede ser constante mayor que 2 en [-3; 3]?*
- 4) *¿Puede ocurrir que $0 < f(x) < 1$ para todo x en [-3; 3]?*
- 5) *¿Puede ocurrir que $f(-3) \cdot f(3) < 0$?*
- 6) *¿Puede ocurrir que f tenga un máximo positivo y un mínimo negativo en [-3; 3]?*
- 7) *¿f tiene que ser derivable en]-3; 3[?*

Es claro que las preguntas son a su vez problemas y que las respuestas conllevan la construcción de ejemplos y contraejemplos y el uso de conceptos en registros gráficos y algebraicos.

Referencias

Beneitone, P., Esquetini, C., González, J., Marty, M., Siufi, G. Y Wagenaar, R. (2007) *Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina. Informe final-Proyecto Tuning-América Latina*. Universidad de Deusto; Universidad de Groningen. Recuperado de http://tuning.unideusto.org/tuningal/index.php?option=com_docman&Itemid=191&task=view_category&catid=33&order=dmdate_published&ascdesc=DESC

Bishop, A. (1981): Visuelle Mathematik. – In: H.-G. Steiner; B.Winkelmann (Hrsg.), *Fragen des Geometrieunterrichts*.166–184. Köln: Aulis Verlag (Untersuchungen zum Mathematikunterricht, IDM; 1)

- Chan, C. M. E. (2008). The use of mathematical modelling tasks to develop creativity. *Proceedings of the Discussion Group 9: Promoting creativity for all students in Math. Education*, pp 307 -316. Mexico: ICME 11
- Consejo Nacional de Educación del Perú (2011). *Marco del buen desempeño docente*. Lima: CNE
- Ginsburg, H. P. (1996). “Toby’s math”. In R. J. Sternberg & T. Ben-Zeev (Eds.), *The nature of mathematical thinking* (pp. 175–383). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Holton, D. (Ed.) (2002) *The teaching and learning Mathematics at University level: An ICMI Study*. Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Malaspina, U. (2012): “La formación de profesores de matemáticas que estimulen competencias para crear conocimientos. Reflexiones y experiencias”. En LEITE, C. Y ZABALZA, M. (Coords): *Ensino Superior: Inovação e qualidade na docência*. Oporto : Centro de Investigação e Intervenção Educativas, pp. 1060-1066.
- Malaspina U. (2013). La enseñanza de las matemáticas y el estímulo a la creatividad. *UNO, Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 63, 41 – 49.
- Mann, E. (2006): “Creativity: The Essence of Mathematics”. *Journal for the Education of the Gifted*. Vol. 30, No. 3, 3006, pp. 336–360.
- Pehkonen, E. (1997). The state-of-the-art in mathematical creativity. *ZDM*, 39(3), 63-67.
- Polya, G. (1962). *Mathematical Discovery. On understanding, learning and teaching problem solving*, Vol I. New York: John Wiley and Sons, Inc.

Proyectos interdisciplinarios en la formación inicial

Pablo Fabián Carranza

Proyectos interdisciplinarios, competencias, formación inicial

Resumen

En esta comunicación presentaremos una experiencia llevada a cabo bajo la figura de proyectos interdisciplinarios. Abordaremos cuestiones referidas a sus posibilidades y dificultades, así como al desarrollo de competencias en los estudiantes.

Introducción

La presente comunicación se inscribe en el marco de una invitación a participar en el simposio denominado "La enseñanza de la Matemática en carreras profesionales: tensiones entre contenidos y propuesta didáctica". Nuestra presentación se centró precisamente en algunas tensiones provocadas por cierto tipo de propuestas didácticas que hemos denominado de manera general como "proyectos interdisciplinarios".

Primeramente, intentaremos caracterizar lo que entendemos por la expresión "proyectos disciplinarios". Luego presentaremos muy brevemente algunas experiencias de este tipo de propuestas. Finalmente propondremos algunas primeras reflexiones sobre este tipo de iniciativas en la formación de grado.

En el contexto de esta presentación denominaremos proyectos interdisciplinarios a un tipo de propuesta didáctica que podríamos caracterizar como abierta en términos de contenidos disciplinares a convocar y donde se persiguen fines que van más allá del proceso de enseñanza-aprendizaje de, en este caso una noción matemática o estadística en particular. En este tipo de propuestas, se define un objetivo que por su naturaleza convoca a varios campos disciplinares para su concreción. Así por ejemplo podemos hablar de un proyecto de estudio sobre la calidad del agua potable de una población dada, donde para su abordaje se requieren conceptos de disciplinas tales como la biología, la física, la química, la estadística, la geología, etc.

A pesar de la dificultad que naturalmente implica este tipo de propuestas didácticas creemos que vale la pena llevarlas a las aulas por la riqueza de aspectos que ellas permiten desarrollar con los alumnos. De algunas de estas riquezas hablaremos en la tercera parte de nuestra presentación, describiremos ahora una experiencia que estamos llevando a cabo con alumnos de una tecnicatura universitaria en mantenimiento industrial en la Universidad Nacional de Río Negro, se trata de la construcción de cocinas solares.

Construcción de cocinas solares

De manera sintética, podemos describir a una cocina solar como un artefacto diseñado para coleccionar energía del sol y destinado a la cocción de alimentos. En nuestro caso, el proyecto surgió como consecuencia de trabajar con los alumnos la noción de punto focal de la función parabólica. En efecto, si una superficie parabólica espejada es orientada al sol, los haces de luz que inciden en ella son reflejados hacia el punto focal de la parábola. Si en ese punto focal se coloca un recipiente, es posible cocinar en él alimentos por la importante acumulación de energía en ese

punto focal. El principio es utilizado en una gran variedad de objetos de nuestra vida cotidiana, como por ejemplo, las ópticas de los vehículos.

En este proyecto nos interesa desarrollar además, la idea de la función social del conocimiento. En efecto, consideramos que es importante poder trabajar la perspectiva de una utilidad o devolución a la comunidad de los conocimientos aprendidos. En este caso, se decidió donar las cocinas solares a instituciones de la zona donde pudieran darle un uso provechoso.

Al momento de la escritura de esta comunicación, los alumnos se encuentran superando la fase de estudio previo y diseño, y luego de algunas maquetas, están comenzando la construcción de sus respectivas cocinas solares. Los alumnos están organizados en grupos de aproximadamente 5 alumnos. Hay dos tipos de cocinas solares retenidas, una del tipo paraboloide de revolución, la otra del tipo cilíndrico. Compartiremos algunas notas de orden didáctico (y pedagógico) que se desprenden de lo hasta ahora realizado con los alumnos.

Algunas cuestiones didácticas

Respecto a otros proyectos interdisciplinarios que hemos llevado a cabo, éste nos resulta una mejora respecto a aquellos. Resumiremos algunas cuestiones didácticas que nos parecen de interés compartir. La primera se refiere a una suerte de variable didáctica que tiene eco en la emergencia de nociones disciplinares en un proyecto interdisciplinario, se trata de la etapa de diseño.

El diseño

Nos referimos a diseño a todo el trabajo previo de los alumnos (y profesores). Este trabajo contempla entre otras cuestiones, los cálculos y conceptos que justifican y explican las decisiones constructivas del proyecto.

En esta etapa de estudio previo, es donde los alumnos recurren a conceptos de disciplinas tales como matemática, física, hidráulica, etc. Estos conceptos son los que les dan argumentos para el conjunto de tomas de decisiones que deben efectuar al momento de la construcción. Por ejemplo, el tipo de curva donde se reflejan los rayos solares no es de cualquier tipo. Nos ha ocurrido que algunos alumnos insistían en utilizar una circunferencia en lugar de una parábola. Esto motivó a que se realizara un estudio de reflexión de rayos de luz sobre una semicircunferencia mediante una simulación en geogebra y se comprobó que un tal punto focal no existe en este tipo de curvas, al mismo tiempo que se descubrió que existe una “zona focal” para este tipo de curvas.

De la misma manera ocurrió con la determinación del centro de gravedad para cada uno de los diseños. En efecto, estimar el rango de posibles posiciones del centro de gravedad al momento de las rotaciones de la pantalla es necesario para asegurar la estabilidad del artefacto. Estos cálculos también implicaron sea movilizar conceptos aprendidos, sea investigar sobre otros nuevos.

Algo similar está ocurriendo con la captación de la energía. Los grupos debieron calcular la energía colectada por metro cuadrado para determinar las dimensiones de sus cocinas solares, esto implicó investigar nociones de astronomía, entre otras. Hay un grupo incluso que está diseñando un colector solar, aparato que incluye un depósito para el agua caliente, el cual debe estar a una altura dada respecto al colector, para asegurar la circulación natural del agua.

En fin, el diseño previo a la construcción se transforma entonces en una forma de variable didáctica que motiva la investigación y el aprendizaje de conocimientos de un nombre no despreciable de disciplinas. En este caso, los conceptos surgen como una necesidad de dar respuesta a una inquietud del proyecto, al mismo tiempo que favorece la toma de decisiones con fundamentos. Otro aspecto que nos resultó importante es la referida a las competencias que desarrollan los alumnos.

Desarrollo de competencias

El aspecto ligado al desarrollo de competencias es complejo, por un lado porque el desarrollo de competencias hace a la empleabilidad en las respectivas profesiones y por el otro porque es casi inexistente el estudio y análisis de ellas desde el punto de vista de la formación inicial, al menos en nuestro país. En efecto, en las formaciones de grado, los planes de estudio son en general desarrollados a partir de contenidos disciplinares y no se explicitan competencias a desarrollar.

Precisamente en este tipo de propuestas didácticas, el desarrollo de competencias ocupa un lugar tan importante como el aprendizaje de contenidos disciplinares. En efecto, en este tipo de proyectos los alumnos se ven confrontados a situaciones donde continuamente deben reformular cuestiones tales como la gestión del trabajo en equipo, la capacidad de escucha y de argumentación, la búsqueda de información pertinente, etc.

Creemos que la puesta en consideración de esta dimensión es fundamental, no solo para el desarrollo profesional de los estudiantes sino también para el profesor, quien en este tipo de proyectos ve emerger un número importante de cuestiones referidas a las competencias y sin embargo por un lado no observa reconocimiento institucional al tiempo dedicado a ello y por el otro no cuenta con capacitación al respecto. Esta falta de reconocimiento institucional al desarrollo de competencias puede desalentar a los profesores a emprender este tipo de propuestas pues el

tiempo dedicado a su desarrollo es importante y si ello no es reconocido, incluso por el profesor, puede percibirse como un tiempo improductivo.

Por su importancia, consideramos importante insistir sobre este aspecto y sobre la necesidad de desarrollar investigaciones al respecto que brinden herramientas de acción y de análisis a los profesores. Estas propuestas didácticas tienen su propia impronta en otras dimensiones también, como son la gestión de los tiempos y los espacios.

La gestión de tiempos y espacios

Este tipo de propuestas son de naturaleza compleja, no solo por la diversidad de campos disciplinares convocados sino también, entre otras cuestiones, por su gestión del tiempo. En efecto, un proyecto de este tipo demanda un tiempo mucho más importante que el requerido para la realización de un ejercicio o un problema. No solo eso, la gestión del espacio es también muy diferente. Es altamente probable que muchas de las actividades necesarias al proyecto deban desarrollarse fuera del entorno áulico, con las consiguientes complicaciones que ello implica.

Otras de las dificultades es la referida a la articulación, no solamente de disciplinas convocadas, como dijimos anteriormente sino de los profesores a cargo de ellas. Como es de imaginarse, la concreción de este tipo de propuestas requiere la coordinación de profesores de varias disciplinas. Y para ello, es necesaria la adhesión del plantel de la institución a este tipo de propuestas. Este tipo de propuesta didáctica se caracteriza entonces por su colectividad, no solo de disciplinas, sino de personas, enfoques, espacios y tiempos. A continuación, propondremos algunas reflexiones a modo de cierre de la comunicación.

Algunas reflexiones finales

La primera de estas reflexiones se refiere a la noción de ecosistema. Esta metáfora la proponemos para intentar describir al sistema educativo como uno fuertemente interrelacionado y relativamente estable, donde los fenómenos que allí ocurren se pueden entender por el conjunto de normas, acciones y hábitos que allí se desarrollan. Así, en tanto que sistema, es posible comprender la coherencia de ciertos fenómenos, aunque no estemos de acuerdo con ellos, claro está. Ahora bien, la idea de ecosistema tiene la intención de poner en evidencia que el mismo sistema, tal como con un hábitat, favorece el desarrollo de ciertas acciones, y desfavorece otras.

En este contexto creemos que el actual ecosistema educativo desfavorece el tipo de propuestas didácticas que aquí presentamos. En efecto, la organización de materias en

compartimentos estancos, con una fuerte carga en contenidos tiende sin duda a desfavorecer el trabajo interdisciplinario.

De la misma manera, las gestiones de dirección o de coordinación de carreras, tienden a centrar la atención en aspectos administrativos tales como el cumplimiento de trámites o el llenado de papeles. Raros suelen ser los coordinadores de carrera que privilegian las reuniones entre profesores, los acuerdos con empresas e incluso maneras alternativas de evaluación y organización de una materia. En este contexto entonces y retomando la metáfora del ecosistema, el desarrollo de este tipo de propuestas didácticas no encuentra su hábitat natural en organizaciones burocráticas y conservadoras sino más bien en aquellas abiertas y propensas al trabajo en equipo.

Otro aspecto fundamental a desarrollar tanto en la formación inicial de los docentes como en la investigación es el referido a las competencias. Más allá de una posible moda, nos parece necesario centrar parte de la atención en esta dimensión. Los estudiantes, una vez diplomados obtendrán y retendrán o desarrollarán sus trabajos siempre y cuando dispongan de un conjunto importante de competencias.

Este desarrollo requiere de tiempo, atención y conocimiento. Es necesario entonces que la dimensión de las competencias ocupe un lugar explícito en la formación inicial. Y con ello, que la dimensión disciplinar pierda su hegemonía para pasar a compartirla con otras.

La concreción de este tipo de propuestas requiere, además de lo antes mencionado, una importante gestión de la incertidumbre, así como un lugar diferente en la relación para con el saber y para con los alumnos. En efecto, en estas propuestas el proyecto justifica los conocimientos a abordar. Es el proyecto el que marca la aparición y el tratamiento de un concepto. Ello implica un orden muy diferente al de un programa convencional.

Este nuevo orden, imposible de planificar a priori, requiere de una importante capacidad de gestión de la incertidumbre de parte de los profesores. De la misma manera, la relación con el conocimiento es también singular pues en numerosas ocasiones, los desafíos a resolver implican herramientas que les son desconocidas tanto a los alumnos como al profesor. Así, la tarea de investigación involucra a todos los actores de la clase, alumnos y profesores. Esto desde luego, promueve una relación entre profesores y alumnos mucho más horizontal que una del tipo expositivo.

En fin, las propuestas didácticas del tipo proyecto interdisciplinario si bien son complejas y provocan tensiones con el ecosistema reinante en el sistema educativo actual, estamos convencidos que se justifican por la riqueza de sentido en los conocimientos tratados y por la emergencia de competencias en los estudiantes.

Innovar en el aula universitaria. Un desafío para el profesional docente

Adriana Engler
Enseñanza, innovación, matemática, aula universitaria

Resumen

La matemática juega un rol importante en la exploración de fenómenos que aparecen en el mundo de las ciencias naturales, sociales y humanas. Las actividades que despliegan los profesionales en las diferentes ramas de la producción, la investigación y los servicios están marcadas por la incorporación de métodos matemáticos.

Para lograr un profesional bien formado es indispensable que los estudiantes desarrollen destrezas y habilidades que les permitan ser protagonistas del aprendizaje y del conocimiento. Es necesario que el alumno construya matemática a través de actividades que requieran pensamiento y razonamiento creativo, tratamiento de la información, descubrimiento, generación y comunicación de ideas, análisis a través de la reflexión crítica y argumentada. Estas cuestiones deben ser los pilares de nuestra actividad en el aula. Sin embargo, en muchos casos, la enseñanza se centra en ideas que provienen de estructuras formales y en métodos didácticos fuertemente apoyados en la memoria y en la algoritmia. Así, el estudiante se ve imposibilitado de percibir las relaciones que tienen los procedimientos con las aplicaciones más cercanas a la vida cotidiana y de experimentar sus propios aprendizajes. Esto ocasiona inconvenientes cuando los que aprenden son estudiantes que, para el ejercicio de su profesión, necesitan conocimientos y habilidades que les permitan resolver problemas.

Bajo estas premisas, los docentes debemos hacer esfuerzos para crear entornos de enseñanza donde la innovación esté mediada por propuestas que, a través de diferentes tipos de materiales educativos y/o cambios metodológicos, faciliten la adquisición y construcción de conocimiento de manera flexible y autónoma. Desde mi experiencia de años de trabajo en el aula considero que los docentes estamos obligados a pensar que se puede y se debe innovar en el nivel universitario. Poner en marcha todas las estructuras necesarias para lograrlo es parte del rol profesional y un desafío cotidiano.

Abstract

Mathematics plays an important role in exploring phenomena that appear in the world of natural, social and human sciences. The activities carried out by professionals in different branches of production, research and services are marked by the introduction of mathematical methods.

To achieve a well-trained professional is essential that students develop skills and abilities that enable them to be protagonists of learning and knowledge. It is necessary for students to construct math through activities that require creative thinking and reasoning, information processing, discovery, generation and communication of ideas, analysis through critical reflection and reasoned. These issues should be the pillars of our practice into the classroom. However, in many cases, teaching focuses on ideas from formal structures and strongly supported teaching methods in the specification and the algorithmic. Thus the student is unable to perceive relationships with the procedures that have applications in everyday life and to experience their own learning. This causes problems when learners are students who, for the exercise of their profession, need knowledge and skills to solve problems.

Under these premises, teachers should make efforts to create learning environments where innovation through different types of educational materials and/or methodological changes, facilitates knowledge acquisition and construction of flexible and autonomous way. From my work experience in the classroom, I think the teachers must think that we can and must innovate at the university. Implement all the structures to achieve this is part of the professional role and a daily challenge.

1. Introducción

Las Universidades tienen ante sí el desafío y responsabilidad de formar profesionales creativos, capaces de impulsar innovaciones tecnológicas y asumir un papel activo en el desarrollo socioeconómico de un país. El egresado universitario debe lograr una sólida formación académica y dominar las competencias que le permitan incrementar y renovar permanentemente su bagaje científico y profesional. La enseñanza debe contemplar la realidad en la que surge, es un acto social, histórico y cultural orientado a valores y en el cual se involucran seres humanos. Se debe aspirar a la creación de contextos sociales donde el aprendizaje sea activo y alentar la búsqueda de caminos alternativos, el análisis crítico de los errores, el contraste de hipótesis y la investigación.

Para que el aprendizaje sea eficaz se debe crear en el estudiante la necesidad de aprender y generar un ambiente donde se posibilite y se motive la exploración del significado personal de los conceptos. En este contexto, los estudiantes universitarios deben lograr desarrollar hábitos mentales

que les permitan ser protagonistas del aprendizaje y del conocimiento, y no simplemente alumnos informados. Por estas razones, es absolutamente indispensable que el docente se proponga: enseñar a aprender, lograr un conocimiento bien estructurado de modo que, a partir de pocas informaciones o representaciones sólidamente asimiladas, el alumno pueda recrear el conocimiento o acceder fácilmente a él y, enseñar a pensar y a resolver problemas, a fin de alcanzar un pensamiento reflexivo, crítico y creativo.

2. Educación Matemática

La educación matemática, surgida durante la segunda mitad del siglo veinte, se ocupa del estudio de los fenómenos didácticos ligados al saber matemático. Su propósito consiste en explorar y entender cómo los seres humanos construyen conocimiento matemático y cómo desarrollan una manera matemática de pensar. El interés de investigación se centra en los procesos de constitución, transmisión y adquisición de los diferentes contenidos matemáticos en situación escolar

La visión que la comunidad científica tiene de la educación matemática evolucionó durante las últimas décadas. Actualmente existe un cierto acuerdo acerca de cuáles deben ser las metas de la educación matemática, qué se debe buscar en el aprendizaje de la matemática, qué tipo de enseñanza está acorde con estos propósitos, qué papel juega la resolución de problemas en el desarrollo del pensamiento matemático de alto nivel y de qué manera influyen las creencias y actitudes de docentes e investigadores en la búsqueda de estos objetivos. Durante los últimos años se han realizado numerosas investigaciones acerca de la enseñanza y el aprendizaje.

En este marco, la actividad humana juega un papel importante ya que es considerada como la fuente principal de la reorganización de la obra matemática que implicará el rediseño del discurso matemático escolar en todos los niveles. Así, Sadovsky (2005, p. 23) manifiesta “La matemática es también un *producto social*, porque es resultado de la interacción entre personas que se reconocen como pertenecientes a una misma comunidad.”

Todo esto hace que la actividad matemática en el aula no pueda ser abordada de una manera sencilla. Su enseñanza debe contribuir a que el estudiante desarrolle sus potencialidades y logre la formación de un pensamiento productivo, creador y científico. Es importante crear en el estudiante la necesidad de aprender y generar un ambiente donde se posibilite y se motive la exploración del significado personal de los conceptos.

Así, como educadores uno de nuestros propósitos es que los alumnos logren una formación matemática acorde a las necesidades de la sociedad actual.

3. La Matemática en la formación de profesionales

La matemática, en tanto lenguaje de las ciencias, se caracteriza por su capacidad de uniformar la expresión de los conceptos (independientemente de la disciplina que los genere) y de hacerlos operables en forma rigurosa y objetiva. Además, permite desarrollar modelos explicativos que obligan a una mayor claridad en las hipótesis y al diseño de los experimentos sobre la base de una definición precisa de los fenómenos y de sus factores. La ampliación de la esfera de empleo de métodos matemáticos de modelación y diseño es el resultado de la incorporación de los formalismos en las ciencias empíricas de la naturaleza y en las ciencias humanas; a su vez, tales formalismos se potencian por el desarrollo vertiginoso de la computación, debido a lo cual se amplía cada vez más la posibilidad de utilizar la matemática en la solución de tareas sociales, científicas y productivas. En la actualidad, en las operaciones formales radica la regulación, el planeamiento y el control de todas las operaciones científicas y tecnológicas.

Douady (1995) dice que saber matemática tiene que ver con "la disponibilidad funcional de algunas nociones y teoremas matemáticos para resolver problemas e interpretar nuevas situaciones" pero también "significa identificar las nociones y los teoremas como elementos de un corpus reconocido social y científicamente."

Michèle Artigue, en la conferencia "Didáctica de las Matemáticas y formación de los docentes" desarrollada durante mayo de 2000 en el Instituto Superior del Profesorado "Joaquín V. González" en la ciudad de Buenos Aires, manifestó que el aprendizaje de las matemáticas:

- es un proceso complejo en el cual se mezclan lo individual, lo social y lo cultural,
- no es un proceso continuo. Necesita reconstrucciones, reorganizaciones y, en algunos casos, verdaderas rupturas con conocimientos y modos de conocimiento anteriores,
- no se puede concebir como una simple progresión de niveles de abstracción creciente. También significa, entre otras cosas, desarrollo de asociaciones, de articulaciones y flexibilidad entre puntos de vista,
- depende fuertemente en sus procesos y en su contenido de los instrumentos materiales y simbólicos del trabajo matemático. Los conocimientos que desarrollamos son fuertemente contextualizados y muy pocos se transforman en verdaderos saberes.

Al enfrentar el desafío de la formación de los profesionales, es necesario recordar que el papel de la matemática ha variado sustancialmente como resultado del ritmo acelerado del desarrollo científico-tecnológico. De esta manera, la formación del profesional a la altura de su tiempo debe ser reestructurada, de forma tal que la matemática se convierta en el lenguaje a través

del cual se expresan las representaciones científicas y en la herramienta que brinde los métodos idóneos para hallar la solución de los problemas científicos y productivos.

4. Los estudiantes universitarios y la matemática

La matemática, en general, representa una asignatura-problema para los estudiantes universitarios. Son numerosos los inconvenientes ligados al aprendizaje. Resulta difícil de comprender las razones de dichas dificultades, si pensamos que la matemática es indispensable para la vida cotidiana e imprescindible para la formación profesional. Es notorio también que se complica lograr motivación para su estudio en carreras donde se la considera como una herramienta. La situación se agrava si el alumno se ve imposibilitado de relacionar los contenidos de la enseñanza con lo que a su juicio será su futuro ejercicio profesional.

Las actitudes con las que el alumno enfrenta el proceso de aprendizaje, intervienen decididamente en la adquisición de los conocimientos y son factores que influyen notoriamente en los resultados de tal proceso. Así, el alumno desarrollará actitudes positivas o negativas hacia determinada asignatura, no sólo en función de su contenido, sino también en función del ambiente que se genere durante el proceso de intervención, y de las actividades que se propongan. La brecha existente entre lo que el alumno cree que es saber matemática, lo que los docentes suponen que es y lo que realmente es, se profundiza toda vez que el contrato que pactan ambos actores del proceso da cuenta del carácter instrumental de la materia, pero poco o nada de su importancia intrínseca y del valor formativo de sus deducciones teóricas. Las dificultades se acrecientan cuando se ignora el papel que le cabe a la disciplina como ciencia transformadora desde su propio marco conceptual.

Formar en matemática a estudiantes universitarios de disciplinas científicas no matemáticas supone brindarles las herramientas y procedimientos matemáticos fundamentales para su desempeño académico y profesional.

5. Incorporación de las tecnologías en el nuevo modelo educativo

La Universidad debe contribuir a preparar al alumno para vivir en una sociedad donde la tecnología adquirió una relación estrecha con la ciencia. Los avances tecnológicos, si resultan útiles, deben ser adoptados a los fines educativos y adaptados a la filosofía de la educación, así como a sus necesidades y derivaciones pedagógicas y didácticas. La educación debe dar a la tecnología su rol para garantizar la comunicación, la interacción, la información y también, el aprendizaje. Las tecnologías resultan un instrumento facilitador y motivador del proceso de

enseñanza y permiten considerar la singularidad del alumno en su ascenso cognoscitivo. Es necesario adoptar, adaptar e integrar las nuevas herramientas al trabajo cotidiano, a fin de tornarlo más eficaz y productivo atendiendo al progreso y a las transformaciones sociales.

6. Investigación e innovación en Educación Matemática

Teniendo en cuenta lo expresado anteriormente hace tiempo que surge la necesidad de realizar investigaciones en educación matemática y compartir los resultados con la comunidad universitaria. Si bien este es un propósito compartido por todos los docentes preocupados por la calidad de su enseñanza y los resultados reflejados en el aprendizaje, no todos están preparados para llevar adelante proyectos de investigación.

Surge la posibilidad de pensar en innovaciones en el aula universitaria. Es difícil establecer el límite entre lo que resulta una innovación y lo que constituye una investigación. Así, se puede pensar que, cuando se investiga se buscan cambios cuanti y cualitativamente más profundos mientras que, al pensar en innovar, se trata de cambios menores. Es difícil entonces poder delimitar claramente cuándo, lo que estamos haciendo es investigación o innovación. También es cierto que, por momentos, la palabra investigar parece asustar o intimidar a los docentes. A mi entender, investigación e innovación, son necesarias y deben coexistir en el aula a fin de que los docentes logremos más eficacia para llegar al cumplimiento de los objetivos. Pero, más allá de esto, a partir de estos momentos, centremos la atención en la idea de innovación y las posibilidades de concretarla en nuestro trabajo cotidiano en el aula.

7. La innovación en el aula universitaria de Matemática

Es conocido que no existe, en el ámbito educativo, una definición aceptada universalmente sobre lo que se debe entender como innovación. Para muchos, es algo cotidiano propio del quehacer profesional que se relaciona naturalmente con la preocupación por la educación. Es motivada por la necesidad de que los alumnos aprendan. Según el diccionario de la Real Academia Española *innovación* es “la acción y efecto de innovar” mientras que *innovar* es “mudar o alterar las cosas introduciendo novedades”. Coincido con Sánchez (2005) al establecer que:

Innovación educativa es el proceso realizado de forma deliberada, por un docente o varios con el objetivo de mejorar la praxis educativa, a través de un cambio positivo originado como respuesta a un problema, a la revisión de la propia praxis inducida interna o externamente y en un contexto concreto como es el centro educativo y/o aula. (p. 643)

Si bien una innovación no es una investigación, lo más adecuado es que esté avalada por resultados de investigaciones y además que se constituya en el principio de una futura investigación en educación matemática. Se debiera planificar y desarrollar ajustándose de la manera más estricta posible a una metodología de investigación. Los resultados de investigaciones son los que hacen que el profesor busque desarrollar innovaciones. Cuánto más conozca el profesor en relación a las investigaciones relacionadas con el área en la que se desempeña, más preparado va a estar para producir, generar, incorporar e implementar innovaciones en su práctica cotidiana con los alumnos con los que debe compartir el desarrollo de sus actividades académicas durante un ciclo lectivo.

A partir de la situación descrita, comparto cuestiones surgidas después de treinta años de trabajo en el aula universitaria. No pretendo establecer dogmas ni enseñanzas sobre este tema sino contarles lo que pienso y algunas cuestiones de las que estoy convencida, que he sentido y siento al estar involucrada y comprometida diariamente con el trabajo en el aula en una carrera universitaria que forma profesionales Ingenieros Agrónomos para los cuales la matemática constituye una disciplina de formación básica y absolutamente necesaria para su futura práctica profesional.

Si pensamos en innovación en educación matemática podemos abrir numerosas líneas para definirla, describirla, interpretarla y, como corresponde, para llevarla adelante según el alcance que la misma pueda tener en relación a la institución, administración, trabajo en el aula, entre otros. Me voy a referir entonces a la idea de innovar en el aula de matemática en el nivel universitario en carreras profesionales. En este contexto, hablar de innovación no es fácil dado que no es sencillo delimitar su alcance, así como los criterios para determinar la calidad, eficiencia y eficacia de toda innovación educativa. Es necesario entonces pensar sobre la necesidad y la obligación, como profesionales docentes universitarios, de innovar en el aula. Debemos tener en cuenta que, para llevar adelante una innovación, es necesaria la existencia de un docente innovador. Se puede decir entonces que el docente innovador es quien dedica incansablemente sus esfuerzos para llevar adelante la tarea, convencido de que tendrá consecuencias que no siempre serán las esperadas.

Así nos preguntarnos entonces cómo debe actuar un docente en su rol de innovador. Si bien pueden presentarse dudas sobre dónde se encuentra el límite entre investigación e innovación, sobre lo que no hay nada que decir es que los protagonistas y hacedores de la innovación somos los docentes que día a día llevamos adelante la labor profesional en el aula, en las diferentes unidades académicas donde desarrollamos nuestras tareas frente a grupos de estudiantes que buscan y esperan una formación adecuada en relación a su futuro profesional. En ese sentido, entiendo y estoy convencida de que el docente debe asumir su rol de innovador a fin de que su tarea sea fructífera. Para llegar a esto es claro que, las actitudes y aptitudes del profesor serán, en gran medida, determinantes para llegar al cumplimiento de las metas propuestas. Considero que esto es

posible y que, como profesionales docentes debemos intentarlo. Entonces se torna necesario generar estrategias para innovar en el aula de manera seria y responsable, jerarquizando nuestro trabajo y profesionalizando nuestra tarea.

A través de la innovación podemos mejorar nuestra práctica y de esa forma tratar de que no haya tensiones entre contenidos y propuesta didáctica. Lo cierto es que, como profesionales docentes, la innovación no debe ser improvisada, no puede realizarse un día porque *me dieron ganas* de cambiar algo y entonces voy a *probar algo nuevo, voy a ver qué resultade hacer determinada cosa según lo que se me ocurre un día*. No debemos desconocer u olvidar cuál es el objeto final de la innovación. Está en juego la formación de nuestros alumnos para lograr un profesional de calidad y, por lo tanto se hace necesario meditar y reflexionar sobre todo el proceso de cambio que pensamos y deseamos realizar. Antes de llegar al aula y poner en marcha la innovación es absolutamente necesario tener muy en claro por qué, para qué, cómo, dónde y cuándo voy a realizarla. Todos los detalles deben estar determinados y realizadas las gestiones institucionales necesarias para poder llevarla adelante. No podemos dejar de lado que hay que tener disponible, además, la infraestructura adecuada y los recursos necesarios. Si la innovación fue detallada y reflexivamente planificada debe perseguir objetivos y es necesario evaluar si los mismos se cumplen. La tarea de evaluación de la innovación tampoco resulta sencilla. En general a los docentes nos da trabajo realizar una autoevaluación de nuestro desempeño en el aula. Esta evaluación es necesaria y una de las condiciones que garantiza la calidad y pertinencia de toda propuesta innovadora. Es importante realizar el ejercicio cotidiano de evaluar nuestras prácticas como toma de conocimiento de la calidad del trabajo cotidiano.

Toda innovación debe intervenir directa e inmediatamente sobre el desarrollo de las actividades que conforman el trabajo en el aula. Una innovación se planea, diseña y se pone en marcha para producir efectos y resultados inmediatos. Los resultados pueden ser los esperados y aun mejores o pueden distar mucho de lo planificado y supuesto. Esto se debe tener en cuenta para poder actuar, de manera inmediata cuando la innovación brinda resultados o efectos que llevan a los objetivos que la pusieron en marcha hacia otro camino. Al llevar adelante y poner en práctica una innovación el profesor puede, entre otras cuestiones:

- incorporar un nuevo material didáctico producido por él o no para llevar adelante un contenido determinado,
 - trabajar contenidos habituales pero a través de una metodología diferente,
 - introducir nuevas tecnologías y/o
 - incorporar actividades que permitan el descubrimiento de los nuevos conceptos.

Un profesor con inquietudes innovadoras está permanentemente buscando cómo y de qué manera seguir incorporando otras innovaciones en el aula. Sin embargo, más allá de las ideas, las

ganas y el entusiasmo permanente del profesor innovador, en general, en las instituciones no se logran las mejores y óptimas condiciones para que el profesor en el aula se sienta estimulado y logre llevar adelante tareas o experiencias innovadoras. Pero los docentes profesionales, comprometidos, llevamos adelante con convencimiento innovaciones más allá de las condiciones en las que desarrollamos nuestras tareas y de los aspectos que condicionan el desarrollo de las mismas. Son muchas las cuestiones, barreras y contratiempos que debe superar el profesor innovador para efectivamente poner en juego innovaciones en el aula. Es importante además reconocer que no hay un lugar en el que se enseña a innovar. Es algo que se logra con el tiempo para lo cual principalmente se deben tener muchas ganas e interés de hacerlo. Una de las cuestiones más importantes es que el tiempo dedicado a la innovación en el aula no es algo que esté reconocido a la hora de evaluar los logros y méritos profesionales del docente universitario. En general, lo hacen por nuestras tareas de investigación, de extensión, pero en menor medida por nuestras actividades académicas ligadas a la innovación. Por eso, es el propio docente el que se estimula, acompañado por sus alumnos, para llevar adelante estos desafíos.

El convencimiento de que estamos desarrollando un trabajo importante en la sociedad como educadores y formadores de profesionales nos debe obligar a estar más allá de los posibles inconvenientes y dificultades. Debemos convertir a la innovación permanente en una de las características que marcan nuestra profesión. La constante búsqueda de mejoras es buena para cada uno de nosotros, profesionales docentes, porque nos hace reflexionar y nos obliga a pensar sobre nuestro quehacer en el aula y en nuestro desempeño cotidiano. Cuantos más sean los intentos de introducir innovaciones en el aula más profesional será el docente que busque llevarlas adelante.

Es importante tener en cuenta que toda innovación debe ser transferible, se debe poder repetir y ser aplicada nuevamente. Sería importante que no termine en un grupo de alumnos sino que, en lo posible, sea conocida e implementada por otros colegas.

Pero entonces, ¿estamos preparados para ser docentes-innovadores? La respuesta forma parte de la historia, de la formación y las realidades de cada uno pero es necesario reconocer que, si no lo estamos, debemos prepararnos para serlo. No podemos dejar de reconocer que existen muchos factores que hacen que un docente se sienta desamparado y solo, con falta de tiempo, recursos, infraestructura, con masividad en el aula, entre otros factores condicionantes de toda actividad de innovación en el aula y por eso decida no llevar adelante acciones nuevas. Mi percepción es que muchos docentes no se sienten preparados creyendo que la innovación tiene que representar un salto y cambio cuantitativo notorio entre lo que hacemos y lo que deberíamos lograr con la innovación. Las cuestiones no son así, hay que plantearse y planificar, en una primera etapa, pequeños cambios. Como docentes comprometidos estamos obligados a buscar e incorporar las condiciones necesarias para poder emprender racionalmente la tarea.

8. Reflexiones finales

Como punto final a todo lo expresado, faltaría dar respuesta a la pregunta *¿es posible innovar en el aula universitaria?* Balbuena (1996) expresa:

Como punto de arranque, considero la innovación aplicada a nuestro campo, como aquellas experiencias que suponen acciones prácticas y sistemáticas por medio de las cuales se intenta producir y promover ciertos cambios tanto en la forma de aprender y de enseñar matemáticas, como para conseguir actitudes más positivas en torno a nuestra disciplina. (p. 35)

También, Cebrián (2007, p. 21) manifiesta:

(...) nuestro trabajo en el campo de la innovación está animado por la búsqueda de cambios que provoquen una mejora en las instituciones y en las prácticas educativas. (...) No podemos comprender que se persiga una innovación en educación que no busque, a la vez, un cambio y mejora en las conductas, en los pensamientos y planteamientos pedagógicos, en los procesos y la organización, en las metodologías, en las técnicas y recursos, en las normativas y legislación, etc.

Bajo estas premisas, los docentes debemos hacer esfuerzos para crear entornos de enseñanza donde la innovación esté mediada por propuestas que, a través de diferentes tipos de materiales educativos y/o cambios metodológicos, faciliten la adquisición y construcción de conocimiento de manera flexible y autónoma. Mi experiencia permite afirmar que los docentes estamos obligados a pensar que se puede y se debe innovar en el aula universitaria. Poner en marcha todas las estructuras necesarias para lograrlo es parte del rol profesional y un desafío cotidiano. Si, como docentes ocupados en la formación de futuros profesionales nos preocupa el aprendizaje, debemos lograr que los alumnos encuentren distintos caminos y formas de acercarse a la matemática perdiéndole el miedo y ayudándolos a que puedan vencer la barrera que los separa de ella. La innovación debe ser algo propio del quehacer docente, sin embargo, se debe prestar atención a una serie de considerandos a tener en cuenta para no convertirla en una improvisación. Es importante revalorizar el trabajo en el aula y saber utilizar la experiencia y la trayectoria de muchos docentes-investigadores que comparten sus innovaciones y logros para emprender esta tarea que, en muchos casos, no está lo suficientemente valorada.

Teniendo en cuenta todo lo manifestado hasta aquí, la respuesta contundente a la pregunta es SÍ. Pensar en innovaciones en la enseñanza significa:

- animarnos a realizar modificaciones en el contenido tradicional,

- realizar cambios metodológicos tendientes a ver cómo hacemos para que el estudiante se apropie de los conocimientos,
- lograr alejarnos de la organización de los contenidos indicados en los programas donde predomina un enfoque abstracto,
- preguntarnos si los conceptos, procesos, objetos deben ser introducidos en forma verbal, numérica, gráfica o de una manera simbólica y cómo influyen una y otra de estas representaciones en las imágenes que los estudiantes se forman de los conceptos,
- poner en un primer plano los aspectos conceptuales por sobre el aprendizaje de reglas,
- realizar acciones tendientes a que los estudiantes construyan sus conocimientos en forma progresiva y su contacto con los mismos sea cada vez más profundo,
- incorporar en nuestra actividad docente los recursos que nos brindan las tecnologías y
- desarrollar propuestas didácticas que favorezcan la construcción de significados.

Surgen entonces algunos interrogantes al planificar *innovaciones*:

- ¿tenemos en cuenta los resultados de las investigaciones realizadas en relación al tema en cuestión?
- ¿nos animamos a realizar cambios en el contenido o mantenemos el contenido tradicional?
- ¿o sólo realizamos cambios metodológicos tendientes a ver cómo hacemos para que el estudiante se apropie de los conocimientos?
- ¿logramos desprendernos de la organización de los contenidos plasmada en los programas donde se nota una influencia notable de la estructura formal por lo que predomina un enfoque abstracto con escasa relación con los problemas cotidianos?
- ¿nos ubicamos en el contexto educativo en el cual nos estamos desempeñando?
- ¿tenemos en cuenta que matemática parte del éxito de nuestra enseñanza depende de la riqueza de las representaciones mentales de los conceptos matemáticos y una representación mental es buena si refleja muchos aspectos relacionados con el concepto y si permite pasar de uno a otro con facilidad?
- ¿nos preguntamos si los conceptos, procesos, objetos deben ser introducidos en forma verbal, numérica, gráfica o de una manera simbólica y cómo influyen una y otra de estas representaciones en las imágenes que los estudiantes se forman de los conceptos?
- ¿nos proponemos poner en un primer plano los aspectos conceptuales por sobre el aprendizaje de reglas?
- ¿realizamos acciones tendientes a que los estudiantes construyan sus conocimientos en forma progresiva y su contacto con los mismos sea cada vez más profundo de forma que el desarrollo progresivo de sus capacidades permita utilizar técnicas cada vez más adecuadas y poderosas?

Lo meritorio y gratificante es que en la universidad llevamos adelante innovaciones por decisión propia. Muchas veces creemos que nuestras innovaciones no tienen valor, sin embargo, nuestros alumnos no opinan lo mismo. Si nos animamos a compartirlas con colegas y comunicarlas en diferentes eventos veremos que son más relevantes de lo que pensamos. Somos los docentes en el aula quienes debemos solucionar los problemas que aparecen. Así, debemos diseñar estrategias para motivar a los nuestros alumnos a estudiar matemática sintiendo gusto por ella y valorando la necesidad de conocerla y entenderla en su formación académica y profesional. Los profesores que nos desempeñamos todos los días en el aula tenemos la obligación de buscar soluciones a aquellos que consideramos un problema. No podemos esperar que las soluciones nos lleguen *mágicamente*. Debemos convertirnos en innovadores y seguramente tendremos resultados para aportar. Estamos obligados, desde nuestro trabajo responsable, a presentar y compartir dichos logros. La innovación en el aula universitaria, requiere del compromiso y la participación de todos.

Si, como formadores:

- logramos reflexionar y tomar conciencia de lo importante que resulta conocer los resultados derivados de investigaciones,
- generamos, en base a lo anterior, propuestas de aula acorde a dichos resultados y
- utilizamos la creatividad para desarrollar innovaciones buscando alcanzar mejores niveles en el proceso de aprendizaje y en la formación universitaria, nuestros logros en relación a los objetivos propuestos serán mejores.

Si nos acostumbramos a innovar, revalorizaremos nuestro rol docente, afianzaremos y consolidaremos nuestro prestigio ante la sociedad. Es mucho lo que nos queda por hacer. Los invito a sumarse a la propuesta.

9. Referencias

- Balbuena, L. (1996). Innovación Educativa: un reto profesional. En C. Alsina; J. Alvarez, B. Hodgson, C. Laborde y A. Pérez (Eds.). *8º Congreso Internacional de Educación Matemática. Selección de Conferencias*. (pp. 31-42). Sevilla: S.A.E:M. Thales.
- Cebrián, M. (2007). Innovar con tecnologías aplicadas a la docencia universitaria. En Cebrián, M. (Coord.). *Enseñanza Virtual para la Innovación Universitaria*. 2ª Edición. Madrid: Nancea.
- Douady, R. (1995). La ingeniería didáctica y la evolución de su relación con el conocimiento. En Artigue M.; Douady R.; Moreno L. y Gómez P. (editor). *Ingeniería didáctica en educación matemática*. (pp. 61-96). Bogotá: Una Empresa Docente. Grupo Editorial Iberoamérica.

Sadovsky, P. (2005). *Enseñar Matemática hoy. Miradas, sentidos y desafíos*. Buenos Aires: Libros del Zorzal.

Sánchez, J. (2005). La innovación educativa institucional y su repercusión en los centros docentes de Castilla-La Mancha. *Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*. 3(1). 638-664.

Educar para Transformar ó Transformar para Educar

Marta S. Bonacina
Enseñanza, matemática, innovación, sociedad y ciencia

Resumen

El vertiginoso avance de la ciencia y la tecnología nos pone cotidianamente ante situaciones nunca antes concebidas con importantes implicancias en las relaciones sociales, económicas y políticas. Mientras los gobiernos dependen cada vez más de la comunidad científica para la toma de decisiones esta se encuentra cada vez más imposibilitada de dar respuestas “efectivas” a los problemas que nos asolan, entre ellos, la crisis educativa.

Sin dudas estamos ante el agotamiento de un paradigma, el mecanicista, el cual concibe al mundo como un “mecanismo” cuyo funcionamiento puede ser descrito a través del “lenguaje matemático”. Quienes no reconocen este agotamiento, están convencidos que las nuevas tecnologías, válidas per se, garantizan el progreso; pierden de vista que el sustento de las mismas es el discurso lógico-matemático, que si bien el mismo es potente y efectivo para describir mecanismos del tipo “metal-mecánico” existen ya serias dudas de que lo sea para describir “mecanismos” relativos a los seres vivos. La creciente matematización que se observa en la ciencia da cuenta de este fenómeno, habla de un querer acercarse a la verdad desde un racionalismo extremo que deja fuera cuestiones que hoy hasta la misma matemática reconoce.

En razón de todo lo expuesto cada vez somos más los que creemos que lo que se requiere son cambios “paradigmáticos” más que programáticos. Lograr esto requiere de una educación que rompa con los esquemas tradicionales, proponga la formación de profesionales con una capacidad de “gestión del conocimiento” muy distinta a la tradicional. Sin dudas, el “tipo de formación” a la que se encuentra expuesto un sujeto a lo largo de su vida determina su postura frente a la Ciencia. Una educación fuertemente sustentada en los preceptos del mecanicismo no puede generar otra cosa que

intolerancia hacia las nuevas verdades. Sin dudas es a la Universidad a quien corresponde liderar este cambio; paradójicamente, se observa en este ámbito una fuerte resistencia al mismo.

Introducción

El problema: la crisis educativa

El interrogante: ¿por qué el fracaso de las reformas educativas?

Pareciera que:

- ocuparse solo de contenidos y metodologías no alcanza; que la reducción del “objeto” ha ido demasiado lejos, dejado fuera cuestiones que hacen a su verdadera esencia.
- se impone ampliar la mirada, sumar otros aspectos, preguntarse qué nuevas cuestiones debemos incorporar al debate

Responder este interrogante supone volver la mirada al campo de acción, buscar señales, indicadores que permitan intuir, reconocer las cuestiones que habiendo quedado fuera del debate ameritan ser incorporadas al mismo.

Al respecto observamos que:

- La concepción epistemológica dominante al interior de la institución escolar sigue estando hoy como ayer fuertemente restringida al “contexto de justificación”; se siguen ignorando o desnaturalizando los contextos de “descubrimiento” y “aplicación”.
- Este enfoque restringido tiene un impacto negativo en la práctica docente; particularmente sobre la matemática, disciplina que son muchos todavía los que la conciben como: “... *un dominio del saber referido al razonamiento puro, purificado del ruido del mundo externo, el cual ha sido filtrado por el proceso de abstracción que lo caracteriza*”. (Godino, 1991)

La observación de la práctica docente posibilita,

- reconocer los supuestos que la subtienden,
- los obstáculos que tales supuestos importan para esa práctica.

1er obstáculo

En la presentación del objeto matemático se sigue priorizando el orden lógico al pedagógico, no se atiende por tanto al siguiente principio: “el orden pedagógico más adecuado es a menudo contrario al orden lógico más adecuado”. La razón de ello: en las decisiones relativas a la enseñanza de la matemática tiene todavía mucho peso la visión que se tiene de ella como ciencia “exacta y demostrable lógicamente”. A esta visión contribuye la “obra matemática”, o sea, el producto que resulta de la actividad de los “profesionales de la matemática”.

Así una razón de la dificultad que presenta la enseñanza de la matemática sería la **confrontación** detectada entre la “obra matemática” y la “matemática escolar”.

En la actualidad, la matemática escolar puede caracterizarse como un cuadro heterogéneo, que contiene un gran volumen de información (definiciones, teoremas y procedimientos específicos) en el cual no se evidencia una estrategia de desarrollo de procedimientos y conceptos abarcadores que permita luego, al estudiante, incorporar y relacionar los mismos unos con otros, como así también transferirlos a la solución de situaciones problemáticas.

2do obstáculo

Si bien es mucho lo que se ha avanzado en Didáctica de la Matemática se observa que:

- es poco lo que se ha logrado en cuanto a la resolución del problema del “aula”.
- los esfuerzos innovadores (si los hay) tienen como eje y centro del debate la tríada “docente-alumno-saber” en sus distintas acepciones, siendo normalmente tratada como objeto escindido del contexto donde “vive”.

Se ha comprobado que esto no basta, vislumbrado el porqué:

- las coordenadas organizativas del escenario del acto educativo, o sea, del “aula”, están necesariamente “atadas a la organización y gestión de la institución escolar”. Se reconoce cada vez más que el estilo que esta adopte tiene su impronta sobre la práctica docente.

Las organizaciones se han transformado hoy en algo rígido y peligroso, requieren por tanto una reconversión total; que encontremos otra fuente de estabilidad que permita enfrentar los cambios de manera más flexible, que contemple la complejidad del mundo cambiante en el que hoy nos toca vivir.

Así otra razón de la dificultad que presenta la enseñanza de la matemática sería la **confrontación** detectada entre la “institución escolar” y la “práctica escolar”.

Concluimos así que resolver la crisis detectada requiere reconocer:

1) que los modelos de organización y los estilos de gestión de una institución condicionan y determinan el éxito o fracaso de un proyecto educativo innovador. Que, por ende:

- la unidad de transformación debe ser la institución escolar; no el aula.
- que la transformación pretendida requiere una verdadera revolución en la gestión y organización de las instituciones educativas; pasar de organizaciones rígidas y endodirigidas que desconocen los cambios y turbulencias externas a organizaciones flexibles y heterodirigidas que aceptan los desafíos del entorno.

2) que las concepciones epistemológicas de los involucrados en el proceso educativo (docentes, directivos, autoridades), influyen directa y profundamente en el acto educativo, pero y fundamentalmente, en la posibilidad de “cambiar la praxis” al efecto de “mejorarla”.

En definitiva estamos convencidos de que se impone un cambio, más aún, una ruptura con los paradigmas que han sido detectados como perjudiciales para la enseñanza de la Matemática,

para poder encarar así la imprescindible y ambiciosa modernización curricular que se necesita en estos tiempos; tarea que deberá estar sujeta a una revisión y explicitación crítica de los supuestos científicos, epistemológicos, didácticos y psicológicos que la sustenten.

La enseñanza de la Matemática en la Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas

Hemos ya planteado que la forma como se proponga la enseñanza de la matemática coadyuva al logro de objetivos tanto o más importantes que los referidos a la apropiación del conocimiento científico, particularmente al desarrollo de capacidades tales como: observar, inducir, conjeturar, argumentar, deducir, demostrar. En pocas palabras, al desarrollo de la capacidad de “resolver problemas”. Más aún, que hace al desarrollo de aquello que en esencia nos caracteriza y distingue del resto de los seres vivos, la capacidad de **reconocer la “génesis” del problema a resolver; desarrollar las “herramientas” más apropiadas para ello.**

La reputación de la Matemática de exacta y rigurosa, la más próxima al ideal del conocimiento se debe a los resultados obtenidos en los períodos en que prima la tendencia abstracta. En estos períodos se gesta y desarrolla la herramienta que hoy día se acepta como la más poderosa y valiosa para la investigación en ciencias: **los sistemas axiomáticos (formales ó lógicos).**

El hombre, desde sólo la razón, no tiene acceso a la verdad si no es desarrollando su capacidad de evaluar las diferencias. Sin desarrollar esta capacidad no puede disciplinar su producción, acotar la incertidumbre existencial. A su vez, esta actividad puede hacerla de la única forma que las estructuras de su corteza cerebral se lo permiten:

- | | |
|---------------------------|---|
| (1) Midiendo (comparando) | → La forma de medir: es única?; sólo se hace desde la RAZÓN ? |
| (2) Ordenando | |
| (3) Reflexionando | → Requiere: simplificar el SISTEMA REAL. |
| (4) Sistematizando | → Una herramienta óptima: SISTEMA AXIOMÁTICO |

Si una rama de la ciencia se desarrolla de esta manera el método empleado es el “axiomático” y la teoría desarrollada recibe el nombre de **“teoría axiomática ó de base mecanicista”**

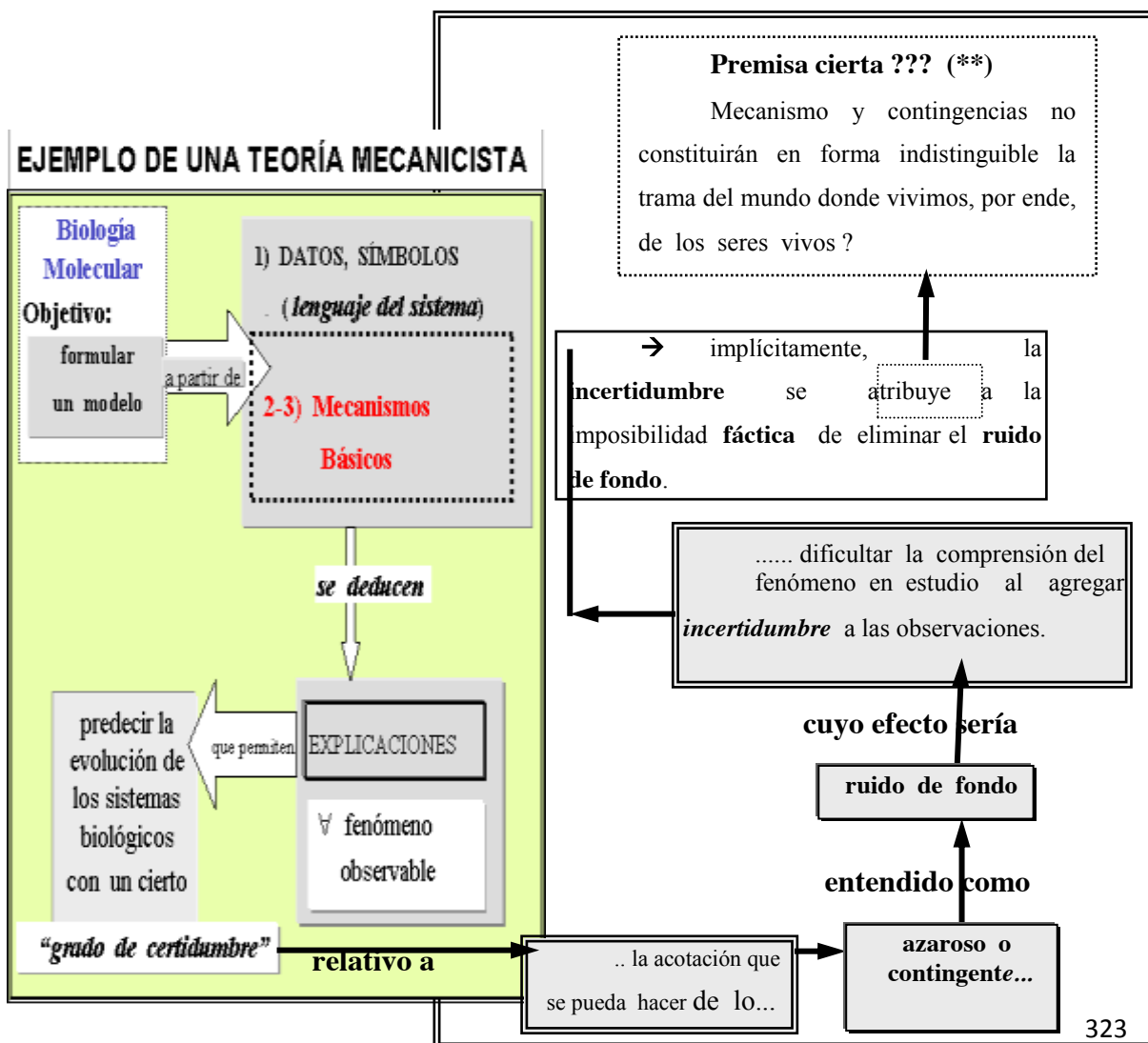


En general, una **teoría de base mecanicista** se caracteriza por:

“asumir la existencia de un cierto número (mínimo) de **hechos ó mecanismos básicos** a partir de las cuales pueden obtenerse, **por deducción**, explicaciones válidas de todo otro hecho observable dentro del sistema”.

A partir de la interrelación planteada entre los elementos del sistema se desata una reacción en cadena consistente en una sucesión mecánica de cambios en dichos elementos (en el sentido que se procede acorde a reglas válidas en el mismo) hasta llegar a una conclusión lógicamente incuestionable, por ende, y acorde a la concepción dominante (la mecanicista),

incuestionable. Pero, en realidad: ¿concluye aquí el proceso?. El proceso no concluye aquí pues falta evaluar: si el tratamiento del “error” o “ruido de fondo” es el acertado para el caso; el “valor social” de políticas surgidas al amparo de verdades lógicas.



(**) Al examinar ciertos modelos matemáticos relativos al crecimiento de poblaciones se observa la presencia de **CAOS**. Al respecto, y como tales modelos se trabajan con software matemáticos, se podría creer que esta presencia se debe a la “propagación de errores”. Si así fuera, sería razonable pensar que el avance tecnológico en algún momento resolvería este problema. PERO ESTO NO ES ASÍ: se constató que este fenómeno de “caos” que se observaba en las simulaciones ¡también se observaba en colonias de insectos cuando alguna epidemia las asolaba!!! . Esto hace suponer entonces que este caos detectado en los modelos matemáticos no se puede atribuir, en todos los casos, a la propagación de errores. Lo que los modelos matemáticos desnudan es que en algunos casos, el caos (el “ruido de fondo”) es algo intrínseco al sistema, parte constitutiva de la naturaleza misma de los seres vivos. Es decir que ni el más fabuloso avance de la tecnología logrará librarnos de él; el CAOS seguirá allí, porque está allí !

Y esto implica, ni más ni menos, pensar un nuevo enfoque para el tratamiento del “error”.

En la Revista Reflexiones de Abril 2006 el Nestor Carillo presenta un artículo cuyo título es “**Biosemiótica. Un nuevo Paradigma Biológico**”. En el mismo señala que, a su entender, el paradigma mecanicista que domina la Biología actual es insuficiente para explicar por sí solo **los aspectos más fundamentales de los sistemas biológicos**. Que si bien los trabajos de Watson y Crick ponen en evidencia la eficiencia de los métodos propios del paradigma mecanicista en el estudio de los procesos biológicos, como resultado de su importante desarrollo, la Biología Molecular ha comenzado a tropezar con resultados paradójicos. Bajo los principios que la rigen, han logrado desentrañar mecanismos de los seres vivos donde la “lógica molecular de la vida” postulada al amparo de dichos principios y basada esencialmente en “argumentos termodinámicos de tipo costo-beneficio”, no se cumple. Muchos de estos mecanismos son redundantes en el sentido que implican ciclos sin producto neto, y todos podrían llevarse a cabo mediante mecanismos alternativos con un costo energético menor.

Respeto a esta problemática Carrillo nos dice: ...se sabe que los procesos biológicos no son “ciego mecanismo” sino que además involucran la “transmisión de información”. Y si algo caracteriza el flujo de información es la redundancia ya que los mecanismos encargados de la transmisión del mensaje deben lograr que “sin importar el costo, el mensaje llegue a destino exacto y seguro”. Y esto nos habla de una lógica distinta a la mecanicista cuyo enunciado fundamental sería: *“el funcionamiento de los seres vivos está solidaria e indivisiblemente asociado a la transmisión, recepción e interpretación de información significativa”*.

Terminado de leer este artículo, me pregunto, para un defensor a ultranza del paradigma mecanicista, ¿no sería un interesante desafío científico “corregir” estos mecanismos “derrochadores de energía” por otros que “ahorren energía” y hagan lo mismo pero a menor costo? En tal caso, los desajustes que así se pudieran provocar, ¿no serían la consecuencia de una formación que no contempla la integración de saberes y no está a la altura de los avances habidos en el mundo ?

Conclusión

Los avances producidos en el último siglo nos sorprenden y no podemos menos que quedar deslumbrados ante semejante poder del raciocinio. Y justamente por eso decimos cuidado!!, no perdamos de vista que desde la RAZÓN podemos acercarnos a la verdad tan sólo en función de partirla o segmentarla. Que cada vez más las problemáticas a resolver son inabordables al interior del paradigma mecanicista; que esto pone en evidencia la necesidad de revisar nuestras concepciones acerca de ciencia y, en particular, de la Matemática que debemos enseñar.

La enseñanza de las disciplinas humanísticas en la formación profesional

Coordinadora

Graciela Brunet

Universidad Nacional de Rosario. Argentina

Participantes

José Antonio Castorina

Universidad de Buenos Aires. CONICET. Argentina

Martha Frassinetti

Universidad de Buenos Aires. Argentina

Virginia Sabao

Universidad Nacional de Rosario. Argentina

Lilians M. López

Universidad Nacional de Rosario. Argentina

Introducción al simposio

De las cuatro disertaciones presentadas para este simposio hay una que aborda cuestiones más generales: los problemas epistemológicos y metaconceptuales que se ponen en juego en la formación de profesores y psicólogos, es la del José Antonio Castorina y con ella vamos a comenzar.