

Conflictos semióticos interaccionales emergentes de un nuevo paradigma curricular en Carreras de Ingeniería

EJE N° 2

Relato de experiencia pedagógica

Leonardo Javier D'Andrea
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda
dandrealj@yahoo.com

RESUMEN

El Enfoque por Competencias requiere del cambio del paradigma tradicional en la enseñanza y el aprendizaje de los descriptores de conocimiento en las carreras de Ingeniería. Desde 2020, la coordinación de la cátedra de Análisis Matemático 1 en la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Avellaneda lleva adelante una propuesta pedagógica, didáctica y epistemológica de la instrucción del Cálculo Diferencial e Integral en una variable, enmarcada en la formación por competencias, desde una perspectiva vygotskyana y el Aprendizaje Basado en Problemas como metodología de enseñanza.

Considerando la noción de crisis, en el sentido dado por Kuhn, se describen y debaten cuáles fueron algunos de los conflictos semióticos interaccionales entre los docentes de la cátedra al poner en práctica el nuevo Plan Curricular de la materia. Por ejemplo, se menciona la ausencia de reflexión sobre la práctica docente, la persistencia de una perspectiva de instrucción centrada en clases magistrales y la insistencia en un posicionamiento ortodoxo de un estilo mecanicista, tecnicista y rutinario de enseñanza de la Matemática. Finalmente, se incluyen algunas estrategias de superación para afrontar las dificultades y anomalías detectadas en el desarrollo del paradigma reciente.

PALABRAS CLAVE: Conflictos Semióticos Interaccionales; Enfoque por Competencias; Calculo Diferencial e Integral.

INTRODUCCIÓN

El Enfoque por Competencias requiere del cambio del paradigma tradicional en la enseñanza y el aprendizaje de los descriptores de conocimiento en las carreras de Ingeniería. A partir de los documentos diseñados por el CONFEDI (2014-2018) acerca de las consideraciones generales para reformular la formación de ingenieros, al revisar el trabajo realizado desde 2015 hasta 2019 en la cátedra de Análisis Matemático 1 (AMI) en la Facultad Regional Avellaneda de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN-FRA), la propuesta curricular de la materia no da evidencias de aproximarse al logro de esas consideraciones.

Desde 2020, a partir de este estado de situación, una nueva coordinación planifica y lleva adelante una propuesta pedagógica, didáctica y epistemológica de la instrucción del Cálculo Diferencial e Integral en una variable, enmarcada en la formación por competencias, desde una perspectiva vygotskyana (Vygotsky, 1926/2005) y el Aprendizaje Basado en Problemas (Díaz Barriga, 2005) como metodología de enseñanza.

A partir de esta renovada propuesta curricular, se describen algunos de los conflictos semióticos interaccionales entre los significados institucionales por parte de varios docentes con concepciones ortodoxas enmarcadas en el mencionado paradigma tradicional de enseñanza. Finalmente, se mencionan algunas de las alternativas de superación propuestas por la gestión en la cátedra.

LA PROPUESTA CURRICULAR EN LA CÁTEDRA DE AMI DE 2015 A 2019

Si se atiende a las competencias genéricas definidas por el CONFEDI (2014), la propuesta de enseñanza de los descriptores de conocimientos en las carreras de Ingeniería debería favorecer al desarrollo de capacidades, habilidades o destrezas a través de pensar la formación de grado desde el eje de la profesión; es decir, el desempeño que efectivamente el ingeniero debe ser capaz de hacer en su quehacer profesional y social, tener en cuenta las necesidades actuales y potenciales de la sociedad y del medio laboral. Para llevar adelante estas reformulaciones, es menester modificar el rol docente tradicional, caracterizado por clases magistrales y cuyo único protagonista de las acciones en las clases es el docente.

De la revisión del trabajo en la cátedra desde 2015 a 2019 en la UTN-FRA, se infirió que la instrucción de esta materia se caracterizó por alternar entre un modelo de enseñanza formalista/teoricista y un modelo de enseñanza mecanicista/empirista, según lo describen Pochulu, D'Andrea y Ferreyro (2019): “Tenemos un estilo formalista/estructuralista, cuando el profesor le otorga vital importancia a los conceptos, definiciones, propiedades, estructuras, lemas, teoremas y proposiciones propios de la matemática. (...) Desde el punto de vista metodológico, las clases son magistrales” (p. 69). Este estilo formalista de instrucción de la Matemática se lo encuentra habitualmente en los libros de texto tradicionales, los cuales conformaron a los significados institucionales referenciales en la cátedra AMI entre 2015 y 2019. Además, en esos textos aparece inicialmente la teórica y hacia el final del capítulo, tareas para poner en juego las técnicas previamente aprendidas. Dicho fue el formato encontrado en la guía de actividades implementadas en esta cátedra: una presentación breve de nociones teóricas y luego el planteo de consignas que se enmarcan en más de un 90% en el paradigma del ejercicio y en un contexto intra-matemático (Skovsmose, 2000).

Por otro parte, el estilo mecanicista / empirista:

Se caracteriza por prácticas que se centran en la aplicación de procedimientos, técnicas y algoritmos propios de la matemática. (...) Desde el punto de vista metodológico, el trabajo del profesor está basado en la repetición y mecanización de reglas y procedimientos. (Pochulu *et al.*, 2019, p. 70)

Estas características del modelo de enseñanza mecanicista se evidenciaron en el planteo de los objetivos pretendidos, la propuesta de evaluación y de recursos implementados en las planificaciones de la mencionada cátedra: definición de propósitos específicamente asociados a la repetición de reglas, evaluar únicamente con exámenes escritos e individuales cuyas actividades son simple reiteración de técnicas y estrategias enseñadas, ausencia del uso de recursos que permitan profundizar y sistematizar los aprendizajes.

Asimismo, se infirió que las actividades propuestas en la materia AMI tampoco facilitan el desarrollo de esas competencias genéricas referidas a las capacidades de desempeñarse en forma efectiva en el equipo de trabajo, comunicarse con efectividad, aprender en forma continua y autónoma, y actuar con espíritu emprendedor

(CONFEDI, 2018). Esto se manifestó al detectar que la mayoría de las consignas se enmarcan únicamente en un contexto intra-matemático, las acciones (verbos) propuestas a los estudiantes se caracterizan por un nivel bajo de complejidad, las tareas no se aproximan a los requerimientos de una práctica significativa (Godino, 2003) ni se aproximan a las condiciones de un aprendizaje que despierte sentimientos intelectuales (como el interés, el asombro, la curiosidad, entre otros) según los define Vygotsky (1926/2005).

UN CAMBIO DE RUMBO EN EL PLAN CURRICULAR DE LA CÁTEDRA

Desde el año 2020, el autor del presente artículo asume la coordinación de la cátedra AMI en la UTN-FRA. Teniendo en cuenta los antecedentes descriptos en el apartado anterior, se procedió a diseñar, implementar y evaluar un nuevo plan curricular que inicialmente se enmarque en el Enfoque por Competencias, se encuadre en marcos teóricos epistemológicos, didácticos y pedagógicos de la Matemática para encontrar procesos de superación a las disparidades entre los significados institucionales de las últimas cursadas de la asignatura.

A continuación, se describen brevemente los principales ejes de la propuesta:

- **Acerca de los significados institucionales de referencia.**

Los sistemas de prácticas referenciales del nuevo Plan Anual de Actividades Académicas 2020-2021, se establecieron considerando el enfoque ecológico de la epistemología (Godino, 2003) a partir del cual se comprende el desarrollo de los conocimientos matemáticos en su dimensión institucional o sociocultural. Por lo tanto, como la materia AMI es uno de los descriptores de conocimientos de las Ciencias Básicas de la Ingeniería, dentro de la dimensión normativa en la que se inserta; el marco referencial a tener en cuenta fueron los documentos diseñados por el CONFEDI (2014-2018).

Por lo tanto, el primer criterio a seguir fue seleccionar a cuáles competencias genéricas y específicas se estará favoreciendo en su desarrollo desde el descriptor de conocimiento Cálculo Diferencial e Integral en una variable.

El segundo criterio referencial fue tomar una postura epistemológico-didáctica (Gascón, 2000) sobre la enseñanza y el aprendizaje del Cálculo, a partir de reflexionar sobre los siguientes aspectos:

1) Considerar los antecedentes sobre las problemáticas en la instrucción de dicha rama de esta ciencia y el reconocimiento de la existencia de un paradigma tradicional de la enseñanza del Cálculo caracterizado por presentar el contenido matemático estructurado de manera *formal* (ausencia de significados reales asociados con las nociones y procedimientos) y *riguroso* (todo organizado para que las nociones y procedimientos den el sentido a las subsiguientes tareas) (Salinas y Alanís, 2009).

2) Tener en cuenta que la mayoría de los libros de texto clásicos sobre Análisis Matemático o Cálculo presentan un ordenamiento de los contenidos bajo dicho paradigma: números reales, funciones, límites, continuidad, derivadas, aplicaciones de la derivada, integrales y aplicaciones de las integrales, sucesiones y series.

3) En los últimos años, la cátedra de AMI en la UTN-FRA trabajó desde una perspectiva próxima al mencionado paradigma tradicional del Cálculo, cuyos modelos de enseñanza alternan entre teoricistas y mecanicistas (Gascón, 2000).

Por lo tanto, para llevar adelante una enseñanza basada en competencias, donde ya no se prioriza sólo el saber; los significados referenciales en la cátedra AMI requerirían de un proceso de transformación paulatino donde se trabaje grupalmente con todos los integrantes de la cátedra. A partir de este punteo de reflexiones, se consideró elegir el estilo contextualizado/realista como modelo de enseñanza de la Matemática (Pochulu *et al.*, 2019), el cual propone acercarse a los problemas básicos de la profesión de una carrera. Para ello, se requiere asumir que si el estudiante se enfrenta desde el principio con los problemas básicos de la carrera o profesión se facilitará el aprendizaje y desarrollará competencias genéricas y específicas.

• **Acerca de los significados institucionales pretendidos**

En la *fundamentación* de la planificación se describen inicialmente los lineamientos asociados a la formación por competencias definidos por el CONFEDI (2014-2018), delimitando el lugar en que se inserta el Cálculo Diferencial e Integral como uno de los descriptores de conocimiento de las Ciencias Básicas de la Ingeniería. Luego de mencionar la articulación horizontal y vertical de la materia AMI en la carrera, se propone considerar la enseñanza y el aprendizaje centrados en la *resolución de problemas contextualizados* a cuestiones de la Ingeniería en *forma integral*, es decir, en carreras donde la Matemática no es una meta por sí misma (Camarena Gallardo, 2010; García Renata, 2013).

En este sentido, el objetivo general que se propone para la cátedra AMI está definido por dos resultados de aprendizaje que responden a una *big question* (Jerez, Hasbún y Tittershausen, 2015) y a partir de los cuales se organizarán, secuenciarán y priorizarán los contenidos de la materia (es decir, los saberes son considerados como emergentes de los resultados de aprendizaje).

Respecto a los *objetivos*, se redactan siguiendo el *Syllabus* (Jerez *et al.*, 2015) como una herramienta de planificación del proceso de enseñanza y de aprendizaje basado en competencias.

Para la redacción de los *contenidos*, una vez establecidos los resultados de aprendizaje, se propone organizarlos en bloques temáticos, priorizando aquellos que respondan mejor a las competencias matemáticas asociadas a la resolución de problemas contextualizados en cuestiones de la Ingeniería.

Se consideran cuatro bloques temáticos: tres de orden conceptual y/o procedimental, y un bloque transversal de orden actitudinal; interconectados y en grado creciente de complejidad. En particular, el bloque actitudinal está basado en la elección de tres de las competencias sociales, políticas y actitudinales definidas por el CONFEDI (2014).

Los tres bloques de contenidos conceptuales y/o procedimental se consideran desde una perspectiva *concéntrica* (en el sentido vygotskyano): el primer bloque temático referido a Funciones Escalares está incluido en el segundo bloque asociado al Cálculo Diferencial, y este último está incluido en el tercer bloque que trata el Cálculo Integral. Luego, a estos tres los intercepta el bloque transversal referido a las competencias actitudinales.

En el apartado sobre *metodología de enseñanza*, se propone y fundamenta teóricamente que una técnica didáctica que permite aproximarse a una perspectiva constructivista superadora de la enseñanza tradicional del Cálculo y responde a la formación por competencias, es el aprendizaje basado en problemas –ABP– (Díaz Barriga, 2005). Para ello, se utilizan constructos teóricos sobre el potencial matemático de consignas (Rodríguez, 2017), cómo articular estrategias didácticas y recursos didácticos, pedagógicos y tecnológicos para favorecer al desarrollo de las capacidades desagregadas asociadas a las competencias genéricas (CONFEDI, 2014) seleccionadas anteriormente.

En la redacción de la *metodología de evaluación*, se describen marcos teóricos sobre qué es, cómo y para qué evaluar. Fundamentalmente, se mencionan instrumentos de evaluación que no se reducen a evaluaciones sumativas. Se insiste en los tipos y los modos de retroalimentación que los docentes puedan brindar a los estudiantes, y se propone y explica el uso de la “pirámide de retroalimentación” y la “escalera de retroalimentación” de Wilson (2002). También, para evaluar el trabajo grupal a diseñar, se describe cómo emplear y diseñar una rúbrica de acuerdo a lo que sugieren Bressan y Zita Rabino (2018).

En el apartado sobre *Recursos*, se distinguen materiales tecnológicos y materiales pedagógicos, didácticos y epistemológicos sugeridos a estudiantes y a los docentes. Además, en cada mención de los recursos, se describe el porqué, el para qué y el modo de su implementación en la propuesta curricular de la materia.

En particular, lo referido a los recursos de la *bibliografía*, se presenta aquella que es obligatoria y la que es optativa. Para los estudiantes, se describen los capítulos de los libros seleccionados, fundamentando las razones de la elección.

EMERGENCIA DE CONFLICTOS SEMIÓTICOS INTERACCIONALES

El cambio de paradigma en la cátedra no emerge espontáneamente, sino que proviene de anomalías – en el sentido dado por Kuhn (1962) – reconocidas con anterioridad y que estaban asociadas a los fracasos o dificultades de la enseñanza y del aprendizaje en la cátedra: “fue la crisis reconocida que, en primer lugar, fue responsable de la innovación” (Kuhn, 1962, p. 126). Sin embargo, como también advierte Kuhn (1962), la nueva propuesta curricular que intenta dar solución de esas anomalías como un nuevo paradigma de trabajo, generó en la cátedra conflictos y/o resistencias:

Supongamos entonces que las crisis son una condición previa y necesaria para el nacimiento de nuevas teorías y preguntémosnos después cómo responden los científicos a su existencia. (...) Aun cuando pueden comenzar a perder su fe y, a continuación, a tomar en consideración otras alternativas, no renuncian al paradigma que los ha conducido a la crisis. O sea, a no tratar las anomalías como ejemplos en contrario, aunque, en el vocabulario de la filosofía de la ciencia, eso es precisamente lo que son. (Kuhn, 1962, p. 128)

El plan académico propuesto conllevó a diferentes problemáticas asociadas a conflictos semióticos interaccionales (Godino, 2003) entre docentes de la cátedra

referidos a discrepancias entre sistemas de prácticas referidas a significados institucionales pretendidos y a significados institucionales implementados.

Durante esos intercambios, se pudo percibir la ausencia de fundamentos teóricos que argumentos las críticas a la propuesta, debido a que solamente se basaban en creencias o experiencias personales. Para dar una respuesta a estos cuestionamientos, desde la coordinación se decidió generar espacios de debate a partir de proponer alternativas de superación ante cada planteo realizado. A continuación, se enumeran algunos conflictos semióticos interaccionales (Godino, 2003) emergentes y algunas acciones que la gestión propuso para reflexionar y superar a los mismos.

Primer conflicto semiótico interaccional: Dificultad para diseñar o resolver problemas contextualizados en otras ciencias.

Alternativas de superación sugeridas:

- Producir actividades en forma colaborativa, en la cátedra hay varios docentes que son ingenieros (dos ingenieros electrónicos, dos ingenieros químicos, un ingeniero civil, dos ingenieros industriales) y tres profesores de Física. Por ejemplo, durante 2020, en las instancias de evaluación algunos profesores diseñaron problemas contextualizados con mediano o alto potencial matemático (Rodríguez, 2017) que pueden retomarse y reformularse para producir nuevas actividades.
- Recurrir a los libros de texto que propone la cátedra, en los cuales se incluye una variedad amplia de situaciones problemáticas en contextos extra-matemáticos, y desde los cuales se pueden realizar adaptaciones de las actividades en función de los resultados de aprendizaje pretendidos.

Segundo conflicto semiótico interaccional: No reconocer que desde la resolución de situaciones problemáticas contextualizadas es posible aprender diversidad de técnicas o algoritmos algebraicos.

Alternativas de superación sugeridas:

- Incluir preguntas en un problema que generen mayor variedad de casos respecto al modelo matemático que se trabaja; es decir, si el problema propone un cierto tipo de expresión algebraicas, proponer nuevos interrogantes que conlleven a debatir variaciones de esas expresiones y de esa manera, trabajar en diferentes tipos de ecuaciones y/o expresiones.

- Posicionarse en la perspectiva de una enseñanza concéntrica, donde los contenidos son recorridos en diferentes momentos (es decir, ciertos aspectos de un objeto matemático emergen de un conjunto de situaciones-problemas y, luego, pueden ser retomados y trabajados en otros aspectos durante la resolución de otras tareas posteriores).

Tercer conflicto semiótico interaccional: No advertir la incompatibilidad didáctica y pedagógica de combinar clases magistrales con clases desde el ABP.

Cuarto conflicto semiótico interaccional: Permanencia del orden tradicional de la enseñanza del Cálculo (primero formalizar la teoría y luego actividades de aplicación).

Alternativas de superación sugeridas:

- Debatir sobre qué es el ABP, qué requiere implementar esta propuesta en las clases bajo la formación por competencias, qué lo diferencia de las clases magistrales, qué ventajas o desventajas tiene esta perspectiva de enseñanza (por ejemplo, se reconoce la necesidad de dedicar mayor tiempo en la preparación de las clases, el abordaje de un problema y habilitar espacios de debate entre estudiantes y docente en el aula).
- Compartir documentos o artículos sobre experiencias de enseñanza basado en la Matemática contextualizada en otras ciencias. Por ejemplo, conocer qué es el paradigma del ejercicio y el paradigma de investigación de Skovsmose (2000), las diferentes concepciones de la modelización matemática propuesta por Oliva (2019), entre otros autores que abordan estas temáticas.

CONCLUSIONES

El Enfoque por Competencia en la formación de Ingenieros requiere de un proceso de cambio profundo y genuino en los modelos de enseñanza y de aprendizaje tradicional, fuertemente enfocados en los saberes. La importancia de proponer alternativas centrados en dicho enfoque en las carreras de Ingeniería no sólo responde al mencionado cambio de paradigma educativo, sino que también se debe a que los procesos de acreditación en estas carreras se basarán en competencias (Kowalski; Posluszny; López; Erck y Enríquez, 2016).

El reto que trae dicho enfoque en la formación consiste en alterar “la cultura institucional de nuestras universidades, generalmente muy asentada en tradiciones y rutinas establecidas durante siglos” (Zabalza Beraza, 2007). Por ello, esta situación se

puede considerar como una gran oportunidad de actualizar la educación universitaria con cambios significativos en la orientación de la formación de Ingenieros.

En este sentido, el conjunto de conflictos semióticos descriptos y las alternativas de superación propuestas son considerados como el puntapié inicial para repensar la enseñanza basada en el desarrollo de competencias.

Todo esto es un trabajo que involucra no solo a los docentes sino también a los estudiantes y demás sujetos que intervienen en la toma de decisiones en la institución educativa. Por ello, no es casual lo que menciona Zabalza Beraza (2007) parafraseando a un rector no muy optimista: “intentar reformar la universidad es como intentar reformar un cementerio, se puede contar con cualquiera, menos con los de adentro” (p. 1).

REFERENCIAS

- Bressan, A. y Zita Rabino, A. (2018). Clase N°3: Criterios e Instrumentos de Evaluación. Enseñanza y evaluación en el campo de la Formación Específica. *Ministerio de Educación de la Nación*. Argentina.
- Camarena Gallardo, P. (2010). Aportaciones de Investigación al aprendizaje y enseñanza de la matemática en Ingeniería. *Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica*. IPN, pp. 10-25.
- CONFEDI (2014). *Competencias en Ingeniería*. Argentina: Universidad FASTA.
- CONFEDI (2018). *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la república argentina “libro rojo de CONFEDI”*. Argentina: Ediciones CONFEDI.
- Díaz Barriga, A. (2005). El enfoque por competencias en la educación. ¿Una alternativa o un disfraz de cambio? *Perfiles educativos*, 28(111), pp. 7-36.
- García Retana, J. Á. (2013). La problemática de la enseñanza y el aprendizaje del cálculo para ingeniería. *Educación*, 37(1), pp. 29-42.
- Gascón, J. (2000). Incidencia del modelo epistemológico de las matemáticas sobre las prácticas docentes. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* 6 (1), pp. 129-159.
- Godino, J. D. (2003). *Teoría de las Funciones Semióticas*. España: Ed. Facultad de Ciencias.

- Jerez, O.; Hasbún, B. y Rittershausen, S. (2015). *El diseño de Syllabus en la educación superior. Una propuesta metodológica*. Edición Universidad de Chile. Chile.
- Kowalski V.; Posluszny, J. A.; López, J. L.; Erck, M y Enriquez, H. (2016). “Formación por competencias en ingeniería: ¿Camino o destino?”. *Revista Argentina de Ingeniería*, 5(7), pp. 130-141.
- Kuhn, T. (1962). *La estructura de las Revoluciones Científica*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 37 (2), pp. 5-24.
- Pochulu, M. D.; D’Andrea, L. J. y Ferreyro, M. (2019). “Indicadores referenciales para valorar planificaciones de matemática de ingeniería centradas en enseñanza por competencias”, *Revista Electrónica de divulgación de STEM*, #1, pp. 66-83.
- Rodríguez, M. (2017). *Perspectivas metodológicas en la enseñanza y en la investigación en educación matemática*. Buenos Aires (Argentina): Ediciones UNGS.
- Salinas, P. y Alanís, J. A. (2009). Hacia un nuevo paradigma en la enseñanza del Cálculo dentro de una institución educativa. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, pp. 1-32.
- Skovsmose, O. (2000). Escenarios de Investigación. *Revista EMA*, 6(1), pp. 3-26.
- Vygotsky, L. S. (1926/2005). *Psicología Pedagógica*. Buenos Aires (Argentina): Aique.
- Wilson, D. (2002). *La retroalimentación a través de la Pirámide*, material online disponible en: <http://web.uaemex.mx/>
- Zabalza Beraza, M. (2007). El trabajo por competencias en la enseñanza universitaria. En *Cátedra de didáctica y Orientación Escolar*, Santiago de Compostela (España): Ediciones de Universidad de Santiago de Compostela.