

**EL CÁLCULO INFINITESIMAL EN LA FORMACIÓN DOCENTE.
REFLEXIONES Y RELATOS DE UNA EXPERIENCIA DE TRABAJO
COLABORATIVO**

Viviana Audisio¹
Héctor Gramaglia²

Fecha de recepción 10-8-2017
Fecha de aceptación 11-5-2018

Resumen

En este artículo se socializan algunos resultados y reflexiones sobre la experiencia del Grupo de Estudio y de Producción Didáctica, desarrollada en el período 2014 - 2015 por miembros del equipo técnico de la Dirección General de Educación Superior (DGES), en articulación con docentes de Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación (FAMAF). La experiencia convocó a docentes a cargo de las unidades curriculares vinculadas con la enseñanza del Cálculo Infinitesimal en los Institutos de Formación Docente de la Provincia de Córdoba, con el objetivo de explicitar, en base a reflexiones teóricas y la interacción entre pares, las tradiciones y los posicionamientos que enmarcan las prácticas de enseñanza de esta rama disciplinar, así como también diseñar, analizar y documentar experiencias que posibiliten la transformación de las prácticas de enseñanza, tendiendo a favorecer la inclusión social, la permanencia y la formación docente con calidad. Estas acciones tienen como objetivo la adecuación de las prácticas de enseñanza vinculadas al tronco de formación disciplinar específica a los diseños curriculares vigentes en Córdoba desde 2011.

Palabras clave: Formación de formadores, matemática avanzada en la formación docente, cálculo infinitesimal, prácticas innovadoras, resolución de problemas.

¹ Equipo técnico de la Dirección de Educación Superior de la Provincia de Córdoba, Argentina. Licenciada en Ciencias de la Educación y Profesora de Matemática, Física y Cosmografía. Contacto:vgaudisio@gmail.com.

² Profesor Asociado con Dedicación Exclusiva interino FAMAF, UNC. Profesor Adjunto con Dedicación Exclusiva por concurso, FAMAF, UNC. Doctor en Matemática (UNLP) y Licenciado en Matemática (FAMAF). Contacto: hector.gramaglia@gmail.com.

THE INFINITESIMAL CALCULUS IN TEACHER EDUCATION. REFLECTIONS AND NARRATIONS OF AN EXPERIENCE IN COLLABORATIVE WORK

Abstract

In this article, we socialize some results and reflections on an experience of the Study Group and Didactic Production. Such experience was developed in a period of time during de years 2014 – 2015 by members of the technical team of DGES in articulation with teachers of FAMAFA. The experience was developed by mathematics teachers who teach Infinitesimal Calculus for some Institutos de Formación Docente from the Province of Córdoba. The experience had as an aim to discuss on the teaching traditions of this field based on theoretical reflections and peer interaction. Other aims encompass designing, analyzing and documenting experiences that enable the transformation of teaching practices, tending to favor social inclusion, permanence, and quality teacher training. These articulation actions have as an objective the adaptation to the curricular designs of the teaching practices of higher mathematical education.

Keywords: Teacher professional development, higher mathematics in teacher education, infinitesimal calculus, innovations in education, problem-solving strategies.

Introducción

En el marco de la implementación de los Diseños Curriculares para los Profesorados de Nivel Secundario en Matemática, Física, Química, Biología y Tecnología de la Provincia de Córdoba, durante los años 2011, 2012 y 2013 se organizaron instancias presenciales de acompañamiento a los profesores a cargo de unidades curriculares vinculadas con la formación en matemática. En estos encuentros se abordó el estado de la situación actual de la enseñanza del Cálculo Infinitesimal (CI) en la formación docente, reconociéndose como el producto de un complejo proceso que conjuga aspectos históricos, epistemológicos y culturales, los cuales dificultaron el desarrollo de propuestas pensadas exclusivamente para la formación docente.

Es en este sentido, miembros del equipo técnico de DGES y docentes de FAMAFA, pusimos en marcha el Grupo de Estudio y de Producción Didáctica que convocó a docentes a

cargo de las unidades curriculares vinculadas con la enseñanza del CI en los Institutos de Formación Docente (IFD). El objetivo central de esta articulación fue explicitar, en base a reflexiones teóricas y la interacción entre pares, las tradiciones y los posicionamientos que enmarcan las prácticas de enseñanza de esta rama disciplinar. Además, se buscó diseñar, analizar y documentar experiencias que posibiliten la transformación de las prácticas de enseñanza, tendiendo a favorecer la inclusión social, la permanencia y la formación docente con calidad.

La conformación de Grupos de Estudio como dispositivo de formación tiene una amplia tradición y, en el caso de la formación docente, permite crear “comunidades de aprendizaje” (Jaworski, 2004), es decir, constituir un contexto especial de formación para los profesores, enfatizando que un docente que aprende en comunidad, comparte experiencias, sentidos, conocimientos, etc. (Fiorentini, 2008). Desde una perspectiva amplia, esta mirada puede vincularse con algunas ideas desarrolladas por Étienne Wenger (1998) en relación con las “comunidades de práctica”, concepto que asocia el aprendizaje a la participación social, considerando esta como un proceso consistente en la acción concreta en comunidades sociales y en la construcción de identidades, en conexión con estos mismos colectivos. En el mismo sentido, Elena Achilli (2008) denomina taller de educadores a una “modalidad de construcción de conocimientos donde se combina una estrategia grupal de investigación y un modo de perfeccionamiento docente centrado en la objetivación de los cotidianos escolares” (p.19).

La elección del CI como temática de conformación de los primeros grupos de trabajo, obedece a la realidad de los IFD que, en tanto integrantes del sistema de educación superior, no están al margen de las problemáticas señaladas por investigadores sobre la enseñanza del CI (Robert y Speer, 2001; Artigue, 2003). Las propuestas de enseñanza del CI en los IFD tienen como matriz potentes tradiciones que condicionan su enseñanza, las cuales fueron nutridas por numerosos hechos históricos y giros epistemológicos. En virtud de este proceso, los conceptos centrales del Cálculo en su forma actual, son el resultado de largos procesos de sedimentación, en donde fue fundamental el aporte de distintas vertientes de significado que emergieron en diferentes momentos históricos: el geométrico, el variacional y el analítico. Paradójicamente, tomando en consideración la información recolectada por miembros del

equipo,³ la presentación actual del CI en las instituciones de formación superior se encuentra permeada por la irrupción de lo formal en la matemática de la modernidad, condicionando una única puerta de entrada: el desarrollo lógico-deductivo que, en muchos casos, “expulsa” los sentidos originales. No menos relevante es la irrupción del desarrollo técnico en el marco de sus áreas de aplicación, el que provee modelos matemáticos de asombroso poder predictivo y, con frecuencia, se ha incorporado al lenguaje mismo del área.

Estos y otros condicionantes, derivaron en el establecimiento de arraigadas tradiciones de enseñanza vinculadas a perfiles profesionales alejados de la formación docente. Crear una propuesta adecuada a este último requiere romper con estas tradiciones y burlar la "vigilancia epistemológica" de lo instituido como legítimo en la práctica de la enseñanza en el nivel superior.⁴

Metodología

En octubre de 2014 se cristaliza la conformación del Grupo de Estudio con 14 profesores pertenecientes a IFD de la Provincia de Córdoba, a cargo de unidades curriculares con contenidos propios del CI. A partir de esta instancia, se inicia la discusión tomando como punto de partida la construcción de algunos acuerdos en relación con la situación actual en la enseñanza del Cálculo y, a partir de estos acuerdos, se construye una línea de trabajo que responde a un cuestionamiento considerado central a la hora de pensar en propuestas específicas para la formación docente:

¿Cómo generar actividades orientadas a la construcción de los sentidos/significados, independientemente de la introducción de los costosos dispositivos formales que abundan en las presentaciones tradicionales?

Las actividades se estructuraron teniendo como recurso teórico el concepto de “escenario de investigación” desarrollado por Ole Skovsmose (2000). Esta noción propone una ruptura con el “paradigma del ejercicio” que caracteriza la enseñanza de la matemática

³ Equipo técnico de DGES y docentes de FAMAFA que participaron de las distintas instancias de construcción de los diseños curriculares, en donde se pudo recolectar información sobre las propuestas de enseñanza vigentes en los IFD.

⁴ Según Wenger (1998), el conocimiento es una cuestión de competencia en relación a empresas valoradas por la comunidad de práctica. En el nivel superior, dar un marco estrictamente formal al conocimiento matemático, pareciera ser el “sello” que define la pertenencia al nivel.

tradicional, y propone instalar en el aula una situación que tiene la potencialidad de promover un trabajo investigativo y de indagación.

Durante el ciclo 2015, se le propuso al Grupo de Estudio “Enseñanza del Cálculo Infinitesimal” trascender el debate y la discusión del 2014, e instalarlo en las aulas de los IFD, en donde colegas y estudiantes hicieron efectivo el proceso de enseñanza y el de aprendizaje. Para ello, se centró la mirada y el esfuerzo en la “producción didáctica” como forma de que la conversación horizontal entre docentes y el intercambio entre pares en torno a la pedagogía de la experiencia, se hiciera concreta y tangible. Para emprender esta tarea se constituyó un equipo de coordinación, conformado por docentes del FAMAFA y miembros del equipo técnico de DGES, que convocó a siete docentes pertenecientes a cuatro IFD de la Provincia de Córdoba localizados en Capital, San Francisco, Villa María y Marcos Juárez. Cada grupo diseñó una propuesta de enseñanza con una temática compartida (y consensuada), y efectivizó su implementación en la cátedra correspondiente, teniendo en cuenta la articulación con el resto de los ejes propuestos para el ciclo lectivo. Como resultado del camino transitado, surgieron tres secuencias didácticas que fueron implementadas en los IFD de pertenencia y en otras instituciones en las que se desempeñaban como profesores algunos de los docentes del grupo. Estas secuencias fueron recuperadas en narraciones grupales, realizadas a partir de la confrontación entre las anticipaciones previas a la implementación y los resultados obtenidos durante este proceso.

Algunos resultados

En las primeras discusiones en los encuentros presenciales y en los foros virtuales del Grupo de Estudio 2014, se reconocieron problemáticas comunes respecto de la enseñanza del Cálculo, algunas de ellas vinculadas a estructuras o formas de enseñanza tradicionales que funcionaron en una época, pero que en los contextos actuales ya no lo hacen, lo que los nuevos Diseños Curriculares vinieron a poner en evidencia. Por ejemplo, en los relatos de los docentes aparecen, de manera recurrente, las dificultades de los estudiantes en el manejo simbólico y las destrezas necesarias para la aplicación de técnicas matemáticas básicas. Como alternativa, valoran el trabajo áulico en contextos de “escenarios de investigación” como forma de construir significados, superando la mera interpretación del lenguaje formal.

El escenario de investigación se distingue del paradigma del ejercicio en el número de variables que la situación deja abierta para la exploración, algunas de ellas generadas a partir de la pregunta “¿Qué pasa si...?”, en la que el estudiante es invitado a hacerse cargo de la búsqueda de respuestas y a proponer alternativas de resolución. Este tipo de situaciones modifica los vínculos entre estudiantes y docentes, ya que supone establecer un ambiente de mutua confianza en donde los estudiantes sean invitados a expresar sus ideas frente a otros, a recuperar su voz y a ser escuchados por otros en este proceso (Britzman, citado en página 20 por Larrosa, 1995). Los vínculos entre estudiantes se modifican también, en tanto que estas situaciones ponen en tensión las jerarquías tradicionalmente construidas en relación con el significado de rendimiento escolar: en el contexto de “escenarios de investigación”, la construcción de significados apela a situaciones, fenómenos y vivencias que trascienden el ámbito escolar, y se ve favorecida por la diversidad de trayectorias y patrones culturales.

Las interacciones producidas en los primeros foros virtuales tendientes a analizar situaciones en escenarios de investigación, nos brindaron una primera aproximación sobre las concepciones que los docentes integrantes del grupo de estudio pusieron de manifiesto en relación con este tipo de situaciones:

- En algunos casos, los escenarios de investigación son concebidos como “actividades especiales” que se plantean en situaciones particulares y constituyen una ocasión en la que se ponen en suspenso las prácticas habituales del aula.
- Los escenarios de investigación se confunden en el discurso con actividades motivadoras para ciertos temas, en general pensadas como primeras aproximaciones, a veces superficiales, y que tienen por objetivo generar una expectativa que espera una respuesta.
- Los escenarios de investigación, en muchos casos, son identificados con guías de preguntas y sugerencias que conducen hacia un conocimiento particular, más que a la construcción de conceptualizaciones más generales.

Durante 2015, siete de los catorce docentes pertenecientes al Grupo de Estudio 2014, diseñaron e implementaron tres propuestas didácticas en el marco de la enseñanza del CI. En una primera etapa se acordó una temática que permitiera dar inicio al proceso de producción de propuestas de enseñanza, tendientes a la generación de “escenarios de investigación” en términos de Skovsmose, O. (2000), inspirada en la tarea de “producir matemática” en el aula.

Se decidió trabajar con el concepto de integral y derivada, debido a la pertinencia de la misma para promover un escenario de investigación y su relevancia en la construcción del cuerpo de conocimientos del CI, considerando, además, que la propuesta de enseñanza se integre de una manera articulada en el normal desarrollo de la unidad curricular. Buscamos que la propuesta de enseñanza no tuviera solo el carácter de “introdutorio” o “motivador”, sino que habilitara caminos alternativos de construcción de significados, que pudieran ser puestos en diálogo con las formas tradicionales ancladas en la introducción de dispositivos formales, imaginando secuencias de actividades articuladas entre sí, que permitieran recuperar construcciones conceptuales ya adquiridas, y, a la vez, favorecer la apertura hacia otras nuevas.

El proceso de elaboración de la secuencia fue arduo y se extendió desde abril a agosto del 2015. Durante este tiempo, la mayoría de los grupos logró no sólo realizar el diseño de una propuesta de enseñanza adecuada a las condiciones señaladas, sino fundamentalmente, involucrarse en procesos de argumentación que dieron cuenta del sentido y el significado didáctico de las actividades elaboradas, y de la intencionalidad docente implícita en esta selección.

En este período, el intercambio escrito entre los grupos y los miembros del equipo de coordinación fue muy intenso, aunque quedó pendiente la participación más asidua en el foro de discusión virtual. Suponemos que la tarea de producción didáctica ocupó un tiempo muy importante, lo que dificulta encontrar espacios para la lectura y crítica de producciones ajenas, además de un malentendido respecto de la crítica del trabajo entre colegas, que fue considerada más como una falta de respeto profesional que como un compromiso colectivo en la posibilidad de hacer evolucionar las ideas de otros. Asimismo, fue dificultoso que los participantes receptaran opiniones e interrogantes de pares y las capitalizaran en la mejora de las producciones propias.

De agosto a octubre se desarrolló la etapa de implementación de la secuencia didáctica en entornos y contextos variados, que incluyeron unidades curriculares vinculadas con la enseñanza del cálculo en los Profesorados de Educación Secundaria en Matemática, en Tecnología, y hasta un sexto año de una institución secundaria de la Ciudad de Córdoba.

Discusión

Dentro del Grupo de Estudio 2014 y de Producción Didáctica 2015, profesores a cargo de unidades curriculares con contenidos del CI trabajaron juntos en un entorno profesional marcado por el respeto, con el ánimo de construir comprensiones compartidas (Jaworsky, 2008). Como coordinadores, buscamos anclar el desarrollo profesional (Bednarz, 2000; Ponte, 2008) de los participantes en la reflexión colaborativa, sostenida y sistemática, sobre la práctica docente (Matos, 2009), instando a que cuestionen, exploren y busquen alternativas sobre sus enfoques usuales de la enseñanza, conscientes de que el proceso de configuración de un grupo no es lineal, sino que supone la lucha por una voz (Bajtín, 1999; Britzman, 2003) y momentos de crisis en relación a su identidad. La voz por la que se lucha es aquella que enlaza la de cada integrante con la voz del propio grupo en su totalidad, e involucra una disputa por representación y por construcción de sentidos compartidos.

Los resultados de las experiencias relatadas en este artículo, dejaron en evidencia la potencialidad que tienen estos dispositivos para el desarrollo de propuestas pedagógicas en espacios de formación profesional situados y colaborativos (Villarreal y Esteley, 2014). La colaboración entre pares en un ambiente propicio para la comunicación y la discusión productiva, contribuyeron a la generación de un lenguaje común en el que se incorporaron normas de funcionamiento grupal que disminuyeron el temor a la crítica y promovieron la retroalimentación entre los integrantes del grupo, a partir del aprovechamiento del conocimiento y la experiencia de los miembros, según su área de especialización, y los diversos enfoques o puntos de vista (Lucchesi de Carvalho, 2014). El Grupo de Estudio es un espacio que brinda la posibilidad de re-pensar y trabajar “elementos anticipatorios de transformación”, construyendo colectivamente un conocer coherente y unitario que pueda resultar básico para pensar y elaborar estas propuestas. (Achilli, 2008).

La dinámica de funcionamiento que mantuvimos como equipo de coordinadores estuvo centrada en la confianza puesta en los docentes como hacedores en el proceso de problematización de su propia práctica. Sin embargo, este corrimiento deliberado para dejar lugar a que sean ellos los que se hicieran cargo de la ruptura epistemológico-didáctica necesaria para poder pensar en alternativas diferentes, tuvo costos. Nos referimos a que en este proceso de lucha por la construcción de sentidos compartidos emergieron conflictos entre continuidades y cambios (Britzman, 2003), que fueron configurando las producciones y experiencias didácticas desarrolladas por cada grupo de trabajo. En algunos de ellos, y luego de procesos complejos de producción, experimentación y reflexión, las alternativas de cambio

fueron visibles y se pudieron concretar. En otros, el proceso reflexivo sobre los saberes profesionales construidos en algún punto se interrumpió, y se realizaron producciones y experiencias que, a pesar de los señalamientos realizados durante el proceso, no lograron romper con las formas clásicas de abordar el CI en la formación en Nivel Superior.

Estas cuestiones vinculadas con el compromiso de generar procesos de autoreflexión, y las dificultades para instalar la confianza y la apertura a la crítica entre pares, son aspectos a retomar en el seno de los Grupos de Estudio con acciones que favorezcan la continuidad y capitalización de logros así como la revisión de los aspectos señalados.

Referencias

- Achilli, E. (2008). *Investigación y formación docente*. Rosario: Laborde Editor.
- Artigue, M. (2003). "Reaction. Learning and teaching analysis: What can we learn from the past in order to think about the future?" En D. Coray, F. Furinghetti, H. Gispert, B. R. Hodgson y G. Schubring (Eds.) *One hundred years of l'enseignement mathématique: moments of mathematics education in the twentieth century. Monograph No. 39* (pp. 211–223). Genova, Italia: L'Enseignement Mathématique.
- Bajtín, M. (1999). *Estética de la creación verbal*. España: Siglo Veintiuno Editores.
- Bednarz, N. (2000). "Formación continua de los docentes de matemática: Una necesaria consideración del contexto". En P. Blouin et L. Gattuso (Eds.), *Didactique des mathématiques et formation des enseignants* (pp. 61–78). Mont-Royal, QC: Modulo Éditeur.
- Britzman, D. (2003). *Practice Makes Practice: A critical study of learning to teach*. Albany: State University of New York Press.
- Fiorentini, D. (2008). "Investigación Acción en la práctica de docentes en servicio". En: *Cátedra Benjamín Bloom para la educación en Guatemala*. Ciclo de conferencias. USAID, Programa Estándares e Investigación Educativa: Guatemala.
- Jaworski, B. (2004). Grappling with complexity: Co-learning in inquiry communities in mathematics teaching development. En Høines, M. & Fuglestad, A. (Eds.). *Proceedings of the 28th Annual Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (PME 28)*, 1, pp.17-36. Noruega: Bergen.

- Larrosa, J. Arnaus, R.; Ferrer, V.; Pérez de Lara, N.; Connelly, M.; Clandinin, J & Greene, M. (1995) *Déjame que te cuente. Ensayos sobre narrativa y educación*. Barcelona: Laertes.
- Lucchesi de Carvalho, D. (2014) *Metodología do Ensino da Matemática*. Portugal: Cortez Editora.
- Matos, L. (2009) Adaptación de las cuestiones de motivación: Autorregulación del aprendizaje y clima de aprendizaje. *Persona*, 12, 167-185.
- Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba. (Diciembre, 2010). *Diseño Curricular Profesorado de Educación Secundaria en Matemática*.
- Ponte, J. (Marzo de 2008). Mathematics teacher education and professional development. Symposium on the Occasion of the 100th Anniversary of ICMI. WG 2: *The professional formation of teachers*. Roma.
- Robert, A., y Speer, N. (2001), “Research on the Teaching and Learning of Calculus/Elementary Analysis”, en D. Holton (Ed.) *The Teaching and Learning of Mathematics at University Level: An ICMI Study*. Holanda: Kluwer Academic Press, pp. 283–299.
- Scovsmose, O. (2000) Escenarios de Investigación. *Revista EMA*, 6, (1), 3-26.
- Villarreal, M. y Esteley, C. (Diciembre de 2014) Las potencialidades de la narrativa en la formación de profesores. *Revista de Enseñanza de la Física*, 26, (1), 23-36.
- Wenger, E. (1998). *Comunidades de práctica*. Buenos Aires: Paidós.