Reformas curriculares de Matemáticas en programas de ingenierías: Un análisis ecológico basado en la escala de niveles de codeterminación didáctica

Luis Alberto **Cuenca Macas**
Departamentos de Ciencias de la Educación, Universidad Técnica Particular de Loja
Ecuador
lacuenca@utpl.edu.ec

Resumen

Este estudio analiza las reformas curriculares en los programas de Matemáticas para ingenierías en una institución específica, respondiendo al interés científico por replantear la enseñanza universitaria de esta disciplina. El objetivo es examinar cómo la institución justifica la necesidad de reformar los currículos, los criterios que sustentan estos cambios y los efectos concretos reflejados en los planes de estudio posteriores. Metodológicamente, se emplea la escala de niveles de codeterminación didáctica para un análisis "ecológico" de los planes de estudio. Los hallazgos revelan las bases teóricas y prácticas que guiaron la reforma, así como las transformaciones efectivas implementadas.

Palabras clave: Ecuador; Educación Matemática; Enseñanza presencial; Educación superior; Reforma curricular; Investigación cualitativa; Teoría antropológica de la didáctica.

Definición y relevancia del problema

La investigación en didáctica de las Matemáticas para la formación en ingeniería ha cobrado relevancia en el marco de la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD) (Chevallard, 1992). Este campo se ha consolidado a través de estudios como los presentados en el CERME11, donde González-Martín y Hernandes-Gomes (2020) analizaron la enseñanza de Matemáticas a futuros ingenieros, y el trabajo de González-Martín et al, (2021), que profundiza en esta línea. Además, los congresos INDRUM16 e INDRUM18 han abordado problemáticas relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje de las Matemáticas en ingeniería, destacando la influencia de las

condiciones ecológicas, como la definición de los planes de estudio. Bosch et al. (2021) ya exploraron este fenómeno mediante la transposición didáctica externa en programas universitarios de Matemáticas.

Otro ámbito de estudio son las discontinuidades en la formación matemática, inicialmente planteadas por Klein (1908). La primera discontinuidad, entre la escuela secundaria y la universidad, ha sido analizada por Gueudet (2008) y Fonseca (2004). La segunda, relacionada con la transición de estudiantes de Matemáticas al rol docente en secundaria, y la tercera, que surge al pasar de la formación en ingeniería al ejercicio profesional, también han sido objeto de investigación. En este contexto, Cuenca y Granda (2020) identificaron en la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) que la incomprensión del contexto y las condiciones de los problemas matemáticos son una dificultad recurrente, evidenciando la discontinuidad entre la enseñanza secundaria y universitaria.

Este trabajo se enfoca en el proceso de reformulación de los programas de Matemáticas en los grados de ingeniería de la UTPL. Los objetivos son: (1) analizar cómo se justifica la necesidad de reformar los currículos de formación de ingenieros, (2) identificar los términos en que las instituciones de la noosfera describen y justifican estos cambios, y (3) determinar los cambios reales y efectivos reflejados en los planes de estudio. Estas cuestiones buscan contribuir a la comprensión de las reformas curriculares en Matemáticas para ingeniería desde una perspectiva didáctica y ecológica.

Referencial teórico

La teoría de la transposición didáctica, propuesta por Chevallard (1985), describe el proceso mediante el cual un "saber sabio" (conocimiento científico) se transforma en un "saber enseñado" (conocimiento escolar). Según Barquero Farràs (2010), este enfoque resalta la dificultad de comprender la Matemática y su enseñanza sin considerar los procesos de reconstrucción que ocurren desde la institución productora del saber hasta su implementación en el aula. Chevallard (1997) plantea interrogantes clave sobre la relación entre el saber enseñado, el saber sabio y las distancias que existen entre ambos, cuestionando cómo el conocimiento matemático se adapta y transforma en el sistema educativo.

Bosch y Gascón (2007) profundizan en este proceso, señalando que la transposición didáctica inicia con la selección de los conocimientos a transmitir, seguida de un trabajo creativo de deconstrucción y reconstrucción para hacerlos enseñables, preservando su esencia y funcionalidad. Este proceso involucra a diversos actores —la "noosfera"—, como diseñadores de planes de estudio, matemáticos y docentes, quienes operan bajo condiciones históricas e institucionales que influyen en el resultado. Aunque este trabajo es esencial para la enseñanza, también impone restricciones sobre cómo se enseña y qué actividades matemáticas son viables en el aula.

Además, Bosch y Gascón destacan las restricciones transpositivas que afectan la enseñanza de las Matemáticas. La limitación más significativa ocurre cuando el proceso no logra mantener o recrear la "razón de ser" de los conocimientos, lo que lleva a una enseñanza "monumentalista", donde los contenidos se presentan como herramientas históricamente valiosas pero sin conexión

con su utilidad actual. Esto subraya la necesidad de revisar continuamente los procesos transpositivos, no solo a nivel curricular, sino también en las actividades concretas que realizan los estudiantes en el aula, para garantizar que los conocimientos mantengan su relevancia y sentido en la práctica educativa.

El papel de la NOOSFERA en la definición de los currículos

Chevallard (1981, 1985) concibe la noosfera como un subsistema dentro del sistema de enseñanza, compuesto por diversos actores clave, como los "representantes del sistema de enseñanza" y los "representantes de la sociedad". Estos actores son responsables de definir tanto los contenidos como los métodos de enseñanza que se implementarán en el ámbito educativo. Esta idea se visualiza en la Figura 1, donde la noosfera se sitúa en la etapa del saber a enseñar, reflejando su papel central en la mediación entre el conocimiento científico y su adaptación para ser transmitido en las instituciones educativas.

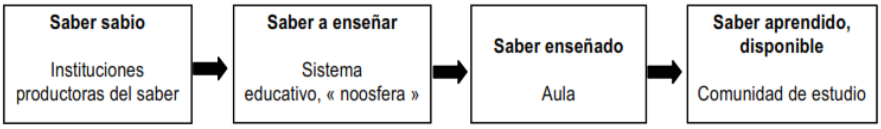

Figura 1. Etapas en el proceso de transposición didáctica. Nota. Tomado de (Barquero Farràs, 2010, p. A52)

La escala de niveles de codeterminación didáctica

La escala de niveles de codeterminación didáctica, propuesta por Chevallard (2001, 2002, 2007), establece una jerarquía entre las organizaciones matemáticas (OM) y las organizaciones didácticas (OD). Esta herramienta metodológica permite analizar la ecología de las prácticas matemáticas presentes o pasadas en instituciones educativas, así como explorar cómo estas prácticas pueden ser construidas o reconstruidas (Barquero et al., 2014).

En la Figura 2, se observa esta jerarquía, que va desde el nivel más general, como la Civilización, hasta el más específico, como una cuestión matemática concreta que se desea estudiar. La escala se divide en dos grandes grupos: niveles genéricos, donde se establecen restricciones de carácter general, y niveles específicos, relacionados directamente con el ámbito matemático. Estos últimos se subdividen en áreas, sectores, temas y cuestiones, permitiendo un análisis detallado y estructurado de las prácticas matemáticas en contextos educativos.

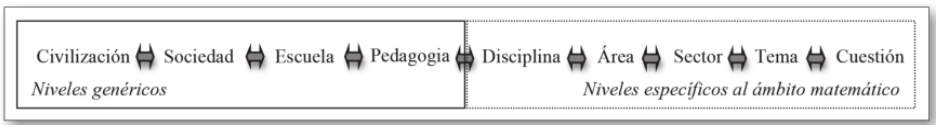

Figura 2. Escala de niveles de codeterminación didáctica. Nota. Tomada de: (Barquero et al., 2014, p. 87)

Contexto universitario y reforma curricular

La Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) es la institución analizada en este proceso de rediseño curricular. Esta universidad ofrece programas de ingeniería con una

duración de 9 semestres (4 años y medio), donde, como es común en la mayoría de las carreras de ingeniería (Romo, 2009), los primeros cuatro semestres incluyen asignaturas comunes del ámbito de la formación matemática.

El proceso de rediseño curricular se inició en respuesta a un requerimiento del Consejo de Educación Superior (CES), basado en la tercera disposición transitoria del Reglamento de Régimen Académico (CES, 2015). Este requerimiento exigía a las instituciones de educación superior presentar propuestas de rediseño para las carreras vigentes.

El proceso de reestructuración tomó como punto de partida los hallazgos de Cuesta Borges et al. (2016), quienes identificaron que los estudiantes presentaban dificultades para comprender la estructura general de los problemas matemáticos. Una de las causas señaladas fue el diseño del currículo vigente en la UTPL hasta 2016, donde las asignaturas de Matemáticas agrupaban contenidos de dos o más disciplinas sin una secuenciación adecuada, lo que generaba desorganización y falta de coherencia en la formación matemática.

Implementación de la reforma curricular

El equipo responsable del rediseño estuvo conformado por dos profesores: uno con formación en Matemáticas y otro en Didáctica de las Matemáticas, junto con el apoyo de cuatro docentes del departamento de Física, Química y Matemáticas. Este equipo realizó un análisis exhaustivo de los cursos de Matemáticas impartidos en todas las carreras de la universidad. Como resultado de este trabajo, se elaboró un informe final que proponía un rediseño de las asignaturas de Matemática y Física, con el objetivo de mejorar la secuenciación y coherencia de los contenidos, así como abordar las dificultades identificadas en el aprendizaje de los estudiantes.

Método y desarrollo conceptual

Este estudio se enmarca en una investigación de tipo cualitativo, centrada en el análisis documental y teórico de los procesos de reforma curricular en el ámbito de las Matemáticas en la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL). Se utiliza un enfoque descriptivo y analítico para examinar los cambios en los planes de estudio y las condiciones que influyen en la enseñanza y el aprendizaje de las Matemáticas.

Participantes

El análisis se centra en tres de los diez grados de ingeniería impartidos en la UTPL: Ingeniería Civil, Ingeniería en Geología y Minas, e Ingeniería en Sistemas Informáticos y Computación. Estos programas fueron seleccionados por ser aquellos en los que se imparte un mayor número de asignaturas del ámbito matemático después de la reforma curricular. Además, se consideran como participantes indirectos los actores de la noosfera, que incluyen a las comisiones de diseño curricular, docentes, entidades legislativas y agencias de calidad educativa, entre otros.

Instrumentos

El material empírico analizado incluye: Programas de asignaturas: Se examinaron los programas de las asignaturas de Matemáticas pre-reforma (Matemática, Cálculo, Cálculo Avanzado) y post-reforma (Análisis Matemático Univariado, Análisis Matemático Multivariado, Álgebra Lineal, Fundamentos de Geometría, Ecuaciones Diferenciales y Métodos Numéricos).

Documentos institucionales: Se analizaron informes de la comisión de reforma curricular y equipos docentes, así como documentos emitidos por las comisiones responsables del diseño de los planes de estudio.

Análisis realizado

El análisis se realizó utilizando dos herramientas conceptuales clave:

Escala de niveles de codeterminación didáctica (Chevallard, 2002): Esta herramienta permitió identificar y clasificar las condiciones y restricciones que influyen en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas, tanto a nivel disciplinar como institucional. La escala distingue entre niveles genéricos (comunes a cualquier disciplina) y niveles específicos (propios de las Matemáticas), lo que facilitó un análisis estructurado de los cambios curriculares.

Noosfera: Se conceptualizó la noosfera como el conjunto de actores que influyen en la enseñanza de las Matemáticas, incluyendo no solo al profesorado, sino también a entidades legislativas, asociaciones de docentes y agencias de calidad educativa. Este enfoque permitió comprender cómo las decisiones curriculares están condicionadas por factores externos al aula.

Resultados

Origen y necesidad de la reforma: propuestas por las comisiones

Las reformas curriculares en la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) surgieron como respuesta a la necesidad de cerrar la brecha entre el bachillerato ecuatoriano y los primeros ciclos universitarios, así como de homogeneizar, desagregar y establecer restricciones en las asignaturas de Matemáticas para mejorar su secuenciación y coherencia.

En el informe de la comisión de expertos (Cuesta et al., 2015, p. 7), se destacó una deficiencia crítica en la malla curricular vigente: la falta de seriación entre los componentes, lo que permitía a los estudiantes inscribirse en asignaturas sin haber cursado los contenidos previos necesarios. Esta situación generaba dificultades en el aprendizaje y en la resolución de problemas matemáticos.

Para profundizar en este diagnóstico, se entrevistó a dos integrantes del equipo de especialistas que lideró la reforma. El primero explicó que su trabajo consistió en analizar los contenidos de asignaturas como Matemática, Matemática Básica, Precálculo, Cálculo, entre otras, con el objetivo de identificar similitudes superiores al 80% y proceder a su unificación. El segundo especialista señaló que los contenidos mínimos de las nuevas asignaturas se basaron en

los programas de Matemáticas de la secundaria española, considerados bien estructurados, y en los resultados de investigaciones previas que evidenciaban las dificultades de los estudiantes para resolver problemas matemáticos tanto al ingresar a la universidad como durante sus estudios.

A nivel social-escolar, la reforma buscó suavizar el cambio brusco entre las Matemáticas enseñadas en el bachillerato y las de los primeros cursos universitarios. A nivel universitario-pedagógico, se identificó una superposición significativa en los contenidos de las asignaturas pre-reforma, lo que llevó a proponer su unificación y a integrar contextos y situaciones específicas de las carreras que cursan los estudiantes.

En el ámbito pedagógico-disciplinar, se acordó mejorar la secuenciación de las asignaturas, estableciendo requisitos previos para su cursado y reduciendo la carga docente (de 6-7 créditos a 3 créditos). Además, se propuso que las asignaturas de Matemáticas no solo transmitieran conocimientos, sino que también desarrollaran un lenguaje matemático y la capacidad de aplicarlo en diversas disciplinas.

Cambios reflejados en los planes de estudio

Para analizar los cambios, se recopilaron datos de los planes de estudio pre-reforma (3 asignaturas) y post-reforma (6 asignaturas). Mediante la aplicación de la escala de niveles de codeterminación didáctica, se identificaron la disciplina, dominio, sector, tema y tipo de tareas en cada asignatura.

En la Figura 3 se presenta el análisis de la asignatura de Cálculo, donde se observa que esta se dividió en dos dominios: Cálculo Univariado y Cálculo multivariado. Estos dominios dieron lugar a dos nuevas asignaturas: Análisis Matemático Univariado y Análisis Matemático Multivariado, los sectores, temas y tipos de tareas correspondientes. Además, se evidenció que todos los resultados de aprendizaje se alinean con los tipos de tareas propuestos, lo que refleja una mayor coherencia y estructura en el diseño curricular post-reforma.

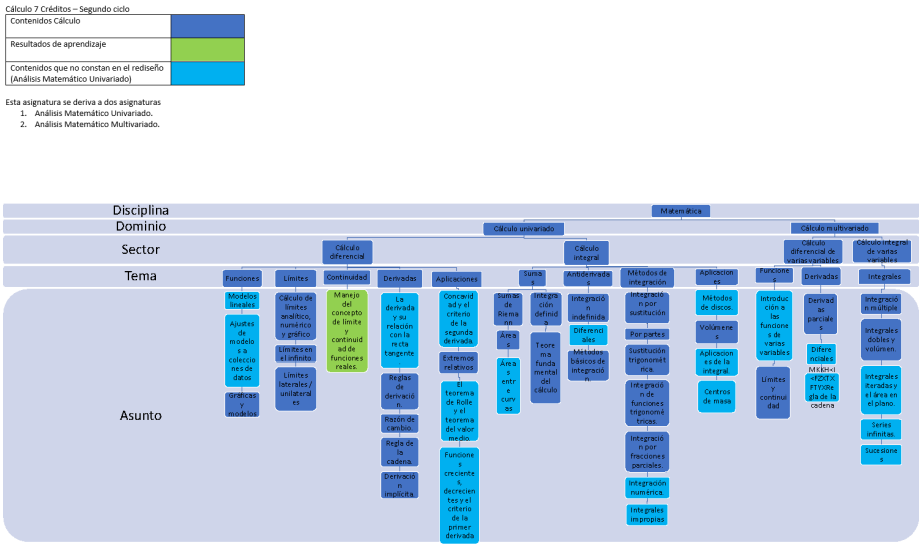

Figura 3. Análisis de codeterminación de la asignatura de Cálculo 7 créditos

Conclusiones

Este trabajo representa un primer avance en un análisis más amplio que se enriquecerá con los resultados de entrevistas a docentes involucrados en los cursos de Matemáticas de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL). Sin embargo, los datos analizados permiten extraer conclusiones significativas sobre el proceso de reforma curricular y sus implicaciones.

En primer lugar, se evidencia que las instituciones noosféricas, en este caso el Consejo de Educación Superior (CES) y la comisión responsable de la reforma, desempeñaron un papel crucial como iniciadores del proceso. Estas instituciones no solo impulsaron la reforma, sino que también establecieron los criterios principales, centrados en suavizar la transición entre la Educación Matemática de nivel secundario y los programas de pregrado en ingeniería. Este enfoque responde a una necesidad social-escolar identificada en el contexto universitario ecuatoriano.

En segundo lugar, el análisis comparativo de los currículos y programas antes y después de la reforma revela que los cambios más significativos se han producido a nivel pedagógico. Estos cambios incluyen una redistribución de contenidos, por ejemplo, en cálculo se reorganizó en dos cursos, definiendo dominios específicos como Análisis Matemático Univariado y Análisis Matemático Multivariado. También se evidencia una reducción de la carga docente ya que se disminuyó el número de créditos por asignatura, pasando de 6-7 créditos a 3 créditos, lo que permitió una mayor flexibilidad en la organización curricular. Se establece un sistema de requisitos previos que garantiza que los estudiantes cursen los contenidos necesarios antes de avanzar a asignaturas más complejas. Finalmente se introdujeron nuevos contenidos, principalmente en niveles específicos como el tipo de tareas y algunos temas nuevos, lo que refleja un esfuerzo por actualizar y enriquecer la formación matemática de los estudiantes.

Este estudio subraya la importancia de las instituciones noosféricas en la definición y ejecución de reformas curriculares. Asimismo, destaca la necesidad de abordar las discontinuidades entre la educación secundaria y universitaria, así como la relevancia de una secuenciación coherente y contextualizada de los contenidos matemáticos. Estos hallazgos contribuyen al conocimiento sobre la reforma curricular en Matemáticas y ofrecen un marco de referencia para futuras investigaciones y reformas en otras instituciones de educación superior.

Referencias

Barquero Farràs, B. (2010). Ecología de la modelización matemàtica en la enseñanza universitaria de las matemáticas. In *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. Universitat Autònoma de Barcelona. http://www.tdx.cat/handle/10803/3110

Barquero, B., Bosch, M., & Gascón, J. (2014). Incidencia del «aplicacionismo» en la integración de la modelización matemática en la enseñanza universitaria de las ciencias experimentales. Enseñanza de Las Ciencias*: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 32(1), XXX.

Bosch, M., & Gascón, J. (2007). *25 años de Transposición Didáctica*.

Bosch, M., Hausberger, T., Hochmuth, R., Kondratieva, M., Winsløw, C. (2021). External didactic transposition in undergraduate mathematics *International Journal of research in Undergraduate Mathematics Education, (7)*1, 140-162

CES (2015). *Reglamento de Régimen Académico*. https://procuraduria.utpl.edu.ec/sitios/documentos/NormativasPublicas/GENERALES/Reglamento de Régimen Académico.pdf

Chevallard, Y. (1981). The didactics of mathematics : its problematic and related research. *Recherches En Didactique Des Mathematiques*, *2*(1), 146–158. https://ci.nii.ac.jp/naid/10029477366/en/

Chevallard, Y. (1985). *La transposición didáctica. In La transposición didáctica - Del sabersabio al saber Ensenada*. La Pensée Sauvage.

Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, *12*(1), 73–112.

Chevallard, Y. (1997). *La transposición didáctica : del saber sabio al saber enseñado* (1st ed.). Aique.

Chevallard, Y. (2001). Les mathématiques et le monde : dépasser "l'horreur instrumentale". Quadrature (41). 25–40.

Chevallard, Y. (2002). Organiser l'étude : 3. Ecologie & régulation. Curso dado en la XIe école d'été de didactique des mathématiques.

Chevallard, Y. (2007). La problématique anthropologique en didactique, d'hier à demain. In L. Ruiz Higueras, A. Estepa, & F. J. García (Eds.), Matemáticas, escuela y sociedad. Aportaciones de la Teoría Antropológica de lo Didáctico (pp. 705–746). Publicaciones de la Diputación de Jaén.

Cuenca, L., & Granda, C. (2020). Educación Matemática: Problemas y Dificultades en el Aprendizaje de Matemáticas a Nivel Universitario. In D. Castillo (Ed.), *I Congreso de Matemática Aplicada y Educativa: Libro de Actas* (1st ed., p. 139). Universidad Técnica Particular de Loja.

Cuesta, A., Escalante, J. E., & Serrano, R. G. (2016). Competencias y Gestión de la Innovación Educativa. In J. Escobar Gómez (Ed.), Competencias y Gestión de la Innovación Educativa (Primera, Vol. 5987, pp. 916–930). CIMTED. http://memoriascimted.com/wp-content/uploads/2016/02/memorias-cimted-version-completa-2016.pdf

Cuesta, A., Sánchez, J., Puchaicela, P., Fernández, J., & Capa, A. (2015). Proyecto educación matemática: aplicaciones didácticas en ciencias administrativas. Universidad Técnica Particular de Loja.

Fonseca, C. (2004). *Discontinuidades matemáticas y didácticas entre la enseñanza secundaria y la enseñanza universitaria*. [Doctoral dissertation, Universidade de Vigo].

González-Martín, A. S., Gueudet, G., Barquero, B., & Romo, A. (2021). Mathematics for engineers, Modelling, Mathematics in other disciplines. In Durand-Guerrier, V., Hochomuth, R., Nardi, E. & Winsløw, C., *Research and Development in University Mathematics Education.* Routledge.

González-Martín, A. S., & Hernandes-Gomes, G. (2020). Mathematics in engineering programs: what teachers with different academic and professional backgrounds bring to the table. An institutional analysis. *Research in Mathematics Education*, *22*(1), 67–86. https://doi.org/10.1080/14794802.2019.1663255

Gueudet, G. (2008). Investigating the secondary–tertiary transition. *Educational Studies in Mathematics, 67*(3), 237–254. https://doi.org/10.1007/s10649-007-9100-6

Klein, F. (1908). *Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus*, I. B.G. Teubner. London: Macmilian.

Romo, A. (2009). *La formation mathématique des futurs ingénieurs.* [Doctoral dissertation, Université Paris 7].