

[ALEPH]

A treinta años de la teoría educativa “Matemática en el Contexto de las Ciencias”

Patricia Camarena Gallardo
Instituto Politécnico Nacional

Resumen

Para poder expresar qué ha ocurrido en los treinta años de existencia de la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias (MCC), en el presente escrito se hace un recuento de cómo inicia la construcción de esta teoría, qué es, qué impacto ha causado en los sectores educativo y social, qué áreas del conocimiento aborda, en qué profesiones incide y en qué niveles educativos se ubica. Se menciona que la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias nace en el nivel superior y se lleva a los niveles educativos que le anteceden, se genera en las ingenierías y se extiende a otras profesiones de áreas biológicas y económico-administrativas, entre otras. Asimismo, la teoría en cuestión se extrapola a otras ciencias, constituyéndose la teoría de las Ciencias en Contexto.

Palabras clave

Matemáticas en el Contexto de las Ciencias, didáctica, cognitivo, epistemológico, curricular, docente.

From thirty years of the Mathematics in the Context of Sciences educational theory

Abstract

In order to express what has happened in the thirty years since the creation of the theory of Mathematics in the Science Context (MSC), the present paper surveys how the construction of this theory began, what it is, what impact it has had on the educational and social sector, which areas of knowledge it addresses, which professions it influences, and in which educational levels it is found. We mention that the theory of Mathematics in the Science Context appeared in higher education and was taken to the preceding educational levels; it was generated in the engineering fields and has extended to other professions in biological and economic-administrative areas, among others. Additionally the theory in question is extrapolated from other sciences, establishing the theory of Science in Context.

Keywords

Mathematics in the Context of Sciences, didactic, cognitive, epistemological, curricular, professorate.

Recibido: 22/07/13
Aceptado: 18/08/13

Introducción

A treinta años de la teoría educativa de la Matemática en el Contexto de las Ciencias es el tema del presente documento. Treinta años se dice fácil, pero ha sido un largo y feliz trayecto de investigación educativa con el propósito de contar con fundamentos teóricos e insumos que apoyen la práctica docente de calidad, entre otras actividades.

Para comprender en toda su magnitud la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias, recordemos que a lo largo de la historia la preocupación por la enseñanza y el aprendizaje en el medio educativo se inició en el nivel básico (preescolar y primaria), por donde pasa todo ser humano y donde se asientan las bases del saber de las personas, ya sea conocimiento científico, habilidades, actitudes o valores. Los psicólogos educativos, pedagogos, educadores y demás personas vinculadas con la educación tienen preocupaciones en este nivel educativo, las cuales se abordan desde el campo empírico y el de la investigación educativa científica.

En este sector de personas se han desarrollado teorías educativas del aprendizaje para el nivel básico, entre las que se localizan la teoría de Piaget (1991), con su enfoque epistemológico genético, y la de Vygotsky (1978), centrada en la interacción sociocultural. Existen marcos conceptuales para otros niveles educativos, incluido el básico; sin embargo, no son considerados como teorías estructuradas, pero de alguna forma se vinculan con estas dos teorías.

Debido a la ausencia de teorías educativas estructuradas para los niveles educativos medio superior y superior, las teorías del nivel básico se toman y adaptan a estos niveles educativos según el sentir de cada autor. Asimismo, la falta de teorías específicas para el nivel superior hace que los investigadores tomen teorías generales de otras áreas del conocimiento para aplicarlas y adaptarlas en este nivel educativo. Ejemplo de ello son la teoría del caos, la teoría de sistemas, las teorías neoinstitucionales, la teoría de la complejidad, entre muchas otras.

Aunado a lo anterior, la investigación educativa se puede clasificar en varias áreas, como las establecidas por el Consejo Mexicano de Investigación Educativa (COMIE) y se puede abordar, burdamente hablando, desde una perspectiva general o particular. La perspectiva general es aquella que incide en temáticas que afectan a una institución educativa desde una mirada global, como la política educativa, los modelos educativos y académicos, etcétera; mientras que la perspectiva particular es específica de un sector de la institución, como el aprendizaje de las ciencias básicas o el diseño curricular de áreas de la biología o de las ingenierías, entre otras.

Se ha observado que, en la perspectiva general, en el sentido en que se ha descrito el término, las investigaciones educativas pueden ser abordadas con teorías que no son propias de la educación, como las mencionadas dos párrafos arriba. El caso de las

investigaciones educativas en el nivel superior, desde una perspectiva particular, se abordan con teorías que no son propias de este nivel educativo, o bien con teorías generales; es decir, que no son específicas de algún nivel educativo ni propias de ninguna ciencia en particular –como teorías del aprendizaje, teorías pedagógicas, teorías curriculares, etcétera–, debido a que no se identifica una teoría propia para el nivel superior. Insistimos en el aspecto del nivel educativo, porque en cada uno de ellos existen problemáticas propias y elementos que las caracterizan, de modo que las soluciones, procesos y medios no son idénticos en cada nivel educativo y muchas veces ni siquiera del mismo estilo.

Desde otro punto de vista, en relación a los egresados de las instituciones de educación superior, cabe resaltar lo que diferentes medios han mencionado de diversas maneras sobre la preocupación por los egresados de ingeniería, a quienes les es muy difícil establecer el vínculo entre la matemática y la ingeniería. Dicho de otra manera, les es difícil desarrollar la modelación matemática y todo lo que conlleva la matemática en la ingeniería, ya que es un tema que, aunque está establecido en la mayoría de los objetivos de los currículos de ingeniería, queda en tierra de nadie, porque prácticamente ningún programa de estudio de matemáticas o de otras asignaturas de la ingeniería lo incorporan de manera explícita; es decir, la modelación matemática es un tema que forma parte del currículo oculto (Camarena, 2009).

Tomado en cuenta los puntos antes mencionados, y principalmente el que las matemáticas, en general las ciencias básicas, tienen una función específica en cada nivel educativo, nace la teoría educativa de la Matemática en el Contexto de las Ciencias (MCC) para el nivel superior.

La teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias ha sido desarrollada desde hace aproximadamente treinta años y, a la distancia, surgen reflexiones acerca de qué avances ha tenido, qué ha pasado durante estos treinta años, qué impacto ha dejado. Para dar cuenta de lo acontecido con esta teoría en este período de consolidación y extensión, se abordan los siguientes cuestionamientos, tratados en los dos bloques que forman parte del cuerpo del presente reporte.

1. *Evolución de la teoría de la MCC.* En este bloque se abordan inquietudes sobre cómo inicia la teoría, qué es y qué aporta.
2. *Los sectores educativo y social que ha impactado la teoría de la MCC.* En este bloque se trata de dar respuesta a interrogantes como las siguientes: en qué sentido ejerce su impacto la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias, en qué niveles educativos incide, qué áreas del conocimiento afronta, cómo se ha expandido, cómo inicia la Red Macociencias, qué tipo de trabajo se desarrolla en

esta red, cómo se construyen y gestionan los saberes en la Red Macociencias.

1. Evolución de la teoría de la MCC

La teoría educativa de la Matemática en el Contexto de las Ciencias nació en 1982, en el Instituto Politécnico Nacional (IPN) de México; se enfoca en las carreras universitarias donde la matemática no es una meta en sí misma, es decir, donde no se van a formar matemáticos (Camarena, 1984, 1999, 2008; De Pavía, 2006; García, 2000; Muro, 2004; Muro y colaboradores, 2002; Olazábal, 2005; Trejo, 2005).

La Matemática en el Contexto de las Ciencias reflexiona acerca del vínculo entre la matemática y otras ciencias, situaciones profesionales, laborales y actividades de la vida cotidiana. Se quiere construir en el estudiante una matemática para la vida, es decir, una matemática que lleve al individuo a actuar de manera razonada, lógica, analítica, tomando en cuenta todas las variables que afectan los problemas y situaciones que se presentan en su actividad laboral y profesional, así como en su vida diaria, al lado de sus familiares, colegas y amigos.

Por otro lado, como lo menciona Ausubel (1990) en el caso de los niños, por medio de la teoría también se ha identificado que la enseñanza tradicional genera conocimientos aislados y sin significado para el estudiante, pues carecen de sentido las materias que estudian. Dicho de otro modo, se observa el divorcio entre las matemáticas y sus aplicaciones o uso en la ciencia que sustenta, convirtiéndose en una de las grandes causas de la irregularidad escolar en esta área y del bajo nivel académico del egresado, ya que la realidad del ingeniero en ejercicio se presenta como el enlace entre la matemática y la ingeniería en cuestión (Camarena, 1990; Muro, 2000; Rojas, 2008; Sauza, 2006; Trejo y colaboradores, 2011). Asimismo, se ha identificado que los problemas de la sociedad, en particular de los ingenieros, se presentan respecto de los conocimientos integrados; es decir, que son problemas de tipo interdisciplinario. Ésta es una situación que aborda la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias.

La teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias se desarrolla por medio de la investigación científica, en la línea de investigación denominada Matemática Social. Con ella se pretende que el profesor de matemáticas contribuya con su práctica docente a la formación integral del futuro profesionista. Asimismo, esta teoría genera una línea de pensamiento que transita hacia los conocimientos integrados, incidiendo en la interdisciplinariedad dentro del ambiente del aprendizaje (Camarena, 2002a; Flores y colaboradores, 2012; Muro, 2004; Olazábal y colaboradores, 2003; Trejo y colaboradores, 2011) que hace reflexionar sobre: las matemáticas para qué, por qué dar matemáticas, qué dar de matemáticas, qué

se persigue con estos cursos, en qué hay que enfatizar, qué tanta práctica ofrecer, cuánta algorítmica, o cuánta matemática formal, cuándo dar matemáticas, cómo impartirla, a quién impartírsela, quién debe impartir la matemática, qué le aporta al individuo, qué habilidades matemáticas se tienen que desarrollar, de qué manera contribuye a la formación integral del estudiante y a las competencias del profesionista. Dicho de otro modo, no se trata de impartir cursos de matemáticas por la matemática misma, o porque sea un tema establecido en los programas de estudio de una profesión: se trata de reflexionar sobre todas las interrogantes arriba expuestas, de modo que la matemática tenga sentido para el estudiante, que tenga aplicación en la praxis social de su profesión, construya el conocimiento, desarrolle en él habilidades del pensamiento, y que su comportamiento sea para el bien de la sociedad y de sí mismo (Camarena, 1984, 1999).

Con las reflexiones anteriores en mente, la teoría inició tratando de contestar las preguntas que surgen en el salón de clases, donde los estudiantes exclaman: “¿por qué vamos a estudiar este tema?”, “¿para qué nos va a servir?”, “¿dónde la vamos a utilizar?”, etcétera. Estas interrogantes reflejan la angustia que la matemática causa a los estudiantes, como si fuera la pastilla amarga que tienen que tragar, ya que no le ven sentido en su vida escolar ni cotidiana, que es lo que conocen cuando son alumnos. Además, en algunas ocasiones los docentes de matemáticas tratan de explicar que las usarán en tal o cual tema de su futura profesión, o que es un tema que les ayudará en su vida profesional –sin aclarar cómo o cuándo–, o simplemente que están establecidas en el programa de estudios y se tienen que cubrir.

En 1982, motivados por los cuestionamientos de los estudiantes y el interés del profesor de que el estudiante construya el conocimiento matemático y de que éste sea significativo para el alumno en el sentido planteado por Ausubel y colaboradores (1990), los creadores de la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias empezaron a platicar con docentes, ingenieros de profesión, para saber qué usan de la matemática y cómo la aplican. Se encontraron con una comunicación poco clara, ya que la formación de los docentes de matemáticas, exclusiva en matemáticas, y la formación no matemática de los profesores de ingeniería impiden dialogar con los mismos conceptos. Así identificaron la necesidad de abordar, de manera objetiva y científica, las interrogantes que yacían en el sentir de los profesores, con lo cual desarrollaron una metodología para diseñar programas de estudio de matemáticas (en general, de ciencias básicas) en ingeniería. Esta metodología se conoce como Dipping (Diseño de Programas de Estudio en Carreras de Ingeniería) (Camarena, 1984, 2002b).

Con la aplicación de esta metodología comenzaron a entender qué hace la matemática en la ingeniería, para qué la usan, dónde la usan y cómo, entre otras cuestiones.

Uno de los grandes aportes de la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias es la metodología Dipcing, ya que, hasta donde se sabe, es única en el mundo. Como fue mencionado, hay metodologías generales para cualquier currículo, pero no toman en cuenta las características (enfoques, funciones, vinculaciones, significancia) de las ciencias con las que se trabaja, punto de aporte del Dipcing.

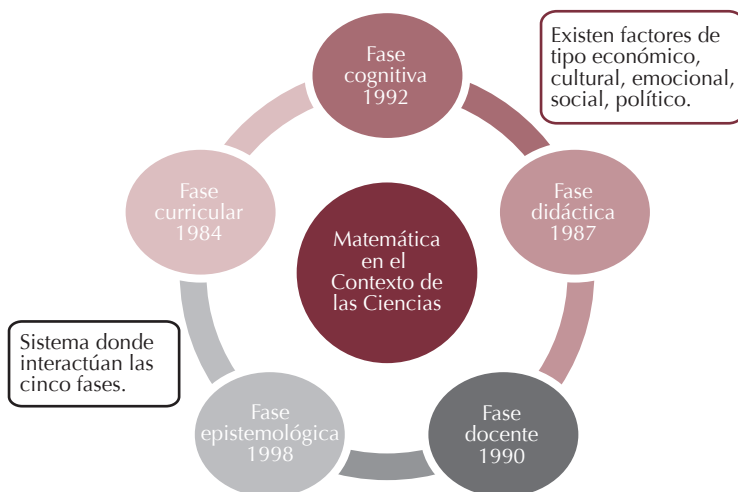
Una vez conocidos los contenidos matemáticos, por medio de Dipcing, que deben ser incorporados al currículo de los estudios de la ingeniería en tratamiento, el siguiente punto fue cómo impartir esos temas matemáticos, los cuales generan contenidos interdisciplinarios. Así nació la estrategia didáctica de la matemática en contexto (Camarena, 1987, 1993). Con este inicio se abrieron caminos, perspectivas, inquietudes y motivaciones para continuar con investigaciones educativas que incidan en cada elemento que interviene en el proceso de enseñanza y aprendizaje en el aula. A grandes rasgos, es así como las investigaciones posteriores dieron pie para ir estructurando un todo que desembocó en la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias.

La teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias se fundamenta en los siguientes tres paradigmas (Camarena, 1984, 1995, 1999):

- ▶ La matemática es una herramienta de apoyo y disciplina formativa para los profesionistas.
- ▶ La matemática tiene una función específica en el nivel universitario.
- ▶ Los conocimientos nacen integrados.

El supuesto filosófico educativo de esta teoría es que el estudiante esté capacitado para hacer la transferencia del conocimiento de la matemática a las áreas que la requieren, y con ello las competencias profesionales y laborales se vean favorecidas, así como la formación integral del estudiante.

La teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias toma el proceso del aprendizaje y la enseñanza como un sistema en el que intervienen las cinco fases de la teoría: curricular, desarrollada desde 1984; didáctica, iniciada desde 1987; epistemológica, abordada en 1988; docente, definida en 1990; cognitiva, estudiada desde 1992 (Camarena, 1984, 1990, 1999, 2004, 2006, 2008; De Pavia, 2006; Flores y cols., 2012; García, 2000; Gibert y cols., 2010; González y cols., 2011a, 2011b; Hernández, 2009; Herrera y cols., 2003; Muro, 2002, 2004; Neira, 2012; Olazábal, 2005; Sauza, 2006; Suárez y cols., 2000; Trejo, 2005) (véase la gráfica 1). Además, en este sistema del ambiente del aprendizaje se presentan factores de tipo emocional, social, económico, político y cultural (Camarena, 1999, 2002a, 2003a; 2004; González y cols., 2011a; Ramírez y cols., 2005). Las cinco fases no están aisladas unas de las otras, y tampoco

Gráfica 1. Fases de la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias.

son independientes de las condiciones sociológicas de los actores del proceso educativo, pero para exponer la teoría es necesario fragmentarla en estas fases. Todas ellas son necesarias para que se cumpla el supuesto filosófico planteado; además, todas se relacionan entre sí, ninguna es ajena a las demás. Como teoría, en cada una de las fases se incluye una metodología con fundamento teórico acorde con los paradigmas en los que se sustenta, donde se exponen los pasos a seguir para el diseño curricular, se describe la didáctica del contexto para la matemática, se explica el funcionamiento cognitivo de la interdisciplinariedad en los alumnos y se proporcionan elementos epistemológicos acerca de los saberes matemáticos sociales vinculados a las actividades de los profesionistas, entre otros aspectos.

Las cinco fases de la teoría, como fue mencionado, nacen como necesidad para abordar las inquietudes que no han sido aclaradas en el sistema educativo para las ciencias específicas del conocimiento en el nivel superior.

Para seguir aportando, mejorando y actualizando la teoría se investigan aspectos específicos de cada fase, sin despreciar el hecho de que todas ellas interactúan entre sí y deben controlarse las que no se aborden en el momento de investigar una en particular. A continuación se describe, brevemente, cada una de las cinco fases.

Fase curricular

La fase curricular de la teoría de la MCC posee la metodología Dipping, para diseñar programas de estudio de matemáticas en carreras de ingeniería (Camarena, 1984, 2002b). La metodología

se fundamenta en el siguiente paradigma educativo: con los cursos de matemáticas el estudiante trabajará con una matemática para el ámbito social de su futura profesión y poseerá los elementos y herramientas que utilizará en las materias específicas de su carrera; es decir, las asignaturas de matemáticas no son metas por sí mismas; sin dejar a un lado el hecho de que la matemática debe ser *formativa* para el alumno.

Asimismo, la premisa alrededor de la cual gira la metodología es: el currículo de matemáticas para ingeniería debe ser objetivo, es decir, un currículo fundado sobre bases objetivas.

Para cumplir con la premisa dentro del marco del paradigma educativo planteado se propone una estrategia de investigación que gira en torno a contenidos matemáticos para las ciencias y el ámbito social de la profesión, la cual consta de tres etapas:

1. *Etapla central.* Hacer un análisis de los contenidos matemáticos, tanto explícitos como implícitos, en los cursos específicos de la ingeniería.
2. *Etapla precedente.* Detectar el nivel de conocimientos matemáticos que tienen los alumnos al ingresar a la carrera.
3. *Etapla consecuente.* Efectuar una encuesta a los ingenieros en ejercicio sobre el uso de la matemática en su praxis profesional.

Etapla central

En la etapa central se hace un análisis de los contenidos matemáticos, tanto explícitos como implícitos, que estén inmersos en los cursos específicos de la profesión. Para ello se identifica:

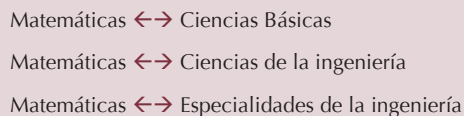
- ▶ El enfoque de cada tema.
- ▶ La profundidad de cada tema.
- ▶ La notación con la que se describe.
- ▶ Las aplicaciones.

Lo anterior deja en claro qué se necesita de las matemáticas en la ingeniería, en qué temas de la ingeniería se usan y cómo se usan. A los contenidos detectados se les debe agregar el contenido matemático necesario para formar la estructura lógica del conocimiento, cuidando que sea sensata la impartición del tema, y los temas que den una estructura formal; esto último dependerá de lo que se persiga y el tiempo disponible para saber qué tanto agregar.

Con esta etapa se establece el vínculo curricular entre las asignaturas del mapa curricular (gráfica 2). Esta clase de vinculación apoya la formación integral del estudiante, ya que la matemática estará integrada a la ingeniería.

Etapla precedente

En la etapa precedente se detecta el nivel de conocimientos matemáticos que tienen los alumnos al ingresar. Con los contenidos

Gráfica 2. Vínculo entre las matemáticas y las áreas de la ingeniería.

matemáticos identificados y la experiencia matemática y docente de los profesores se determinan los prerrequisitos de matemáticas necesarios para establecer los amarres a las estructuras cognitivas, y se procura que los conocimientos tiendan a ser significativos para el alumno, en el sentido planteado por Ausubel (1990).

De los prerrequisitos se seleccionan los que se supone que estudió el alumno en sus cursos de nivel medio superior. Los demás contenidos y aquellos del bachillerato en los que los alumnos presentan deficiencias se incorporan como cursos propedéuticos.

Con la actividad de la etapa precedente se establece el vínculo curricular entre el nivel medio superior y el superior, es decir, entre el nivel de bachillerato y el universitario.

Esta vinculación entre niveles educativos permite definir el perfil de ingreso del estudiante al área de Matemática en el nivel superior y contribuir a definir el perfil de egreso en Matemática del nivel medio superior.

Etapa consecuente

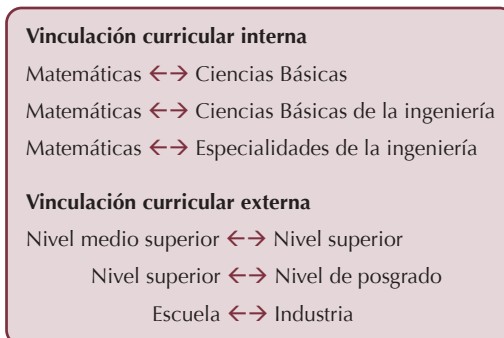
En esta etapa se identifican las competencias laborales y profesionales de los egresados en ejercicio de la profesión, centrándose en el uso que hacen de las matemáticas en su praxis profesional. Para tal efecto se llevan a cabo entrevistas y se aplican cuestionarios a los ingenieros en ejercicio que estén realmente fungiendo como tales, ingenieros que estén “diseñando”, esto con el propósito de determinar las competencias matemáticas, tanto laborales como profesionales, de la ingeniería.

Los resultados de la etapa consecuente permiten jerarquizar mejor la importancia que debe darse a los contenidos matemáticos en el currículo. Además, se establece el vínculo curricular entre la escuela y la industria, así como entre los niveles de licenciatura y posgrado.

Con la metodología se obtiene un vínculo curricular interno entre la matemática y las asignaturas de las ciencias básicas, la matemática y las ciencias de la ingeniería, así como entre la matemática y las especialidades de la ingeniería. También se logra la relación curricular externa, donde se vincula el nivel medio superior con el superior, el nivel superior con el de posgrado y, finalmente, la escuela con la industria, tomando como eje rector la matemática (véase el gráfica 3).

Con el Dipcing se identifican las competencias matemáticas, sin embargo, en la época en que se generó esta metodología no

Gráfica 3. Dipping: vínculo curricular interno y externo de las matemáticas en ingeniería.



existía el término “competencias”. Asimismo, el Dipping proporciona contenidos interdisciplinarios y compete al docente de matemáticas cómo contextualizarlos y descontextualizarlos.

Fase didáctica

La fase didáctica de la MCC contempla un modelo didáctico matemático (Modimaco) (Camarena, 1984, 1999, 2003a) dirigido hacia la praxis social, que fomenta la construcción del conocimiento en el alumno y el desarrollo de las habilidades para la transferencia del conocimiento matemático a las áreas sociales que la requieren. Éste incluye tres bloques que permiten trabajar los ejes rectores del modelo, que son la contextualización y la descontextualización, donde la contextualización implica la interdisciplinariedad de diversas áreas del conocimiento (Camarena, 1999, 2004, 2006; Flores y cols., 2012).

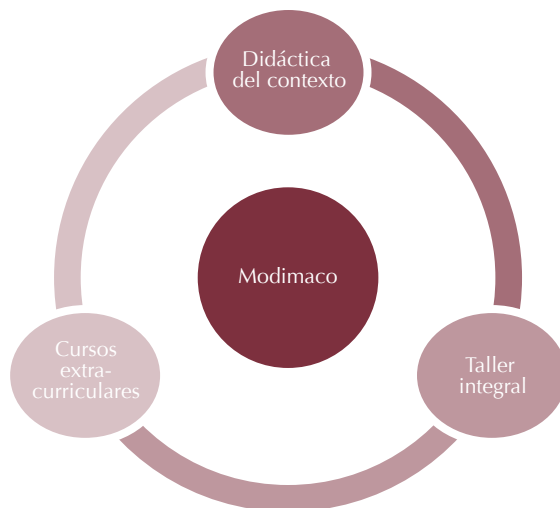
El Modelo Didáctico de la Matemática en Contexto (Modimaco)

El Modimaco, como se ha mencionado, está formado por tres bloques (gráfica 4), que también apoyan la formación integral del estudiante y el desarrollo de competencias en el contexto de la ingeniería, a saber:

1. En clase, usar la estrategia didáctica del contexto.
2. Implementar cursos extracurriculares.
3. Implementar un taller integral e interdisciplinario.

Didáctica del Contexto del Modimaco

En el primer bloque, y en el ambiente de aprendizaje, se implementa la estrategia didáctica del contexto, denominada Matemáticas en Contexto (Accostupa, 2009; Alvarado, 2008; Camarena, 1984, 1987, 1995, 2003a; Cervantes, 2008; García, 2000; Hernández, 2009; Muro, 2000, 2004; Sauza, 2006; Suárez y cols., 2000; Trejo, 2005;

Gráfica 4. Bloques del Modimaco.

Vite, 2007). La estrategia consiste en presentar al estudiante una matemática interdisciplinaria, contextualizada en fuentes de tipo científico y social, en las áreas del conocimiento de su futura profesión en estudio, en actividades de la vida cotidiana y en actividades profesionales y laborales, todo ello mediante eventos contextualizados, los cuales pueden ser problemas o proyectos. En general, hablar de la Matemática en Contexto es desarrollar la teoría matemática según las necesidades y ritmos que dictan los cursos y praxis de la ingeniería. De hecho, la Matemática en Contexto posee, de manera explícita, los dos ejes rectores de la contextualización y la descontextualización.

Los eventos contextualizados poseen varias funciones: diagnóstica, motivadora, para introducir un concepto nuevo, de construcción de conocimientos, evaluadora, etcétera. Los eventos contextualizados se clasifican según la visión que se les otorgue en la didáctica; en todos los casos se comportan como entes integradores de disciplinas, los cuales los convierten en herramientas del trabajo interdisciplinario en el ambiente del aprendizaje (Camarena, 1999).

La Matemática en Contexto contempla nueve etapas, que se desarrollan en el ambiente del aprendizaje en equipos de tres estudiantes: líder académico, líder emocional, líder de trabajo.

1. Identificar los eventos contextualizados.
2. Plantear el evento contextualizado.
3. Determinar las variables y las constantes del evento.
4. Incluir los temas y conceptos matemáticos y del contexto necesarios para desarrollar el modelo matemático y la solución del evento.

5. Determinar el modelo matemático.
6. Dar la solución matemática del evento.
7. Determinar la solución requerida por el evento.
8. Interpretar la solución en términos del evento.
9. Presentar una matemática descontextualizada.

De las etapas mencionadas se tienen dos observaciones: una, referida a la planeación didáctica y, otra, a la modelación matemática. Es importante hacer notar que los puntos 4 y 9 son rubros donde la descontextualización está presente, a diferencia de los demás, que se centran en la contextualización. Los puntos 4 y 9 requieren de una planeación didáctica específica, en la que el docente diseña actividades didácticas guiadas por elementos, como los que se exponen en los siguientes ejemplos: Tránsito entre los diferentes registros de representación (Camarena, 2002a; Duval, 1999; Trejo 2005); Tránsito del lenguaje natural al matemático y viceversa (Olazábal 2005; Olazábal y cols., 2003; Neira, 2012); Desarrollo de habilidades heurísticas, metacognitivas, del pensamiento, argumentativas, para conjeturar y partir de supuestos, y bloqueo de creencias negativas (Camarena, 2003b, 2004; De Pavia, 2006; Herrera, y cols., 2003; Nickerson y cols., 1994); Búsqueda de analogías; Identificación de nociones previas (Dávila, 2003); Identificación de obstáculos (Carmona y cols., 2002); Desarrollo de habilidades operativas de los conceptos matemáticos; Uso de la tecnología electrónica como mediadora en el aprendizaje (Calderón y cols., 2002; García, 2003; Luis, 2004).

Cursos extracurriculares del Modimaco

En el segundo bloque se implementa un curso extracurricular donde se llevan a cabo actividades para desarrollar habilidades del pensamiento, habilidades metacognitivas, habilidades para aplicar heurísticas al resolver eventos contextualizados, así como actividades para bloquear creencias negativas. Se formula como complemento a la resolución de eventos contextualizados en el ambiente del aprendizaje (Camarena, 1999, 2004, 2006).

La resolución de eventos contextualizados toma como herramienta la solución de problemas y el aprendizaje basado en proyectos, con lo cual afloran las heurísticas, las habilidades del pensamiento, la metacognición y las creencias (Camarena, 2003b; De Bono, 1997; Herrera y cols., 2003; Nickerson y cols., 1994; Polya, 1976; Santos, 1997).

A las estrategias para abordar un problema en las diferentes partes del proceso de la resolución se las denomina heurísticas. El padre de las heurísticas fue Polya (1976), quien mediante preguntas, como las que se muestran a continuación, guía la resolución de problemas: ¿con qué cuento?, ¿qué me preguntan?, ¿qué tipo de datos tengo?, ¿tengo condicionantes?, ¿cuáles son variables en mi problema y cuáles son constantes?, ¿se podrá ver para

casos particulares y después resolverlo para cualquier caso?, ¿qué problema que ya he resuelto se parece a este?, ¿cuál es la generalización del problema para ver si es más fácil de abordar?, ¿qué analogías, semejanzas puedo encontrar con otros problemas?, ¿puedo plantearlo de manera diferente para poder abordarlo?, etcétera.

La metacognición es la parte del individuo que está consciente de su propio conocimiento, que sabe si tiene o no todos los elementos cognitivos para resolver un evento contextualizado o si tiene que buscar en libros o consultar a personas, etcétera. (De Bono, 1997; Herrera y cols., 2003). Cuando la persona está en el proceso de resolver un evento contextualizado la metacognición es el elemento que se encarga de que el individuo se pregunte a sí mismo si va por buen camino o no; es decir, hace que busque contradicciones, incongruencias o elementos que le den la pauta para determinar si va bien. En la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias esto se denomina “puntos de control de error” (Camarena, 1999). También la metacognición está presente cuando el individuo se dispone a verificar si el resultado obtenido satisface o no el evento contextualizado planteado.

Las habilidades del pensamiento ayudan al entendimiento de las ciencias y, a su vez, las ciencias ayudan a desarrollar las habilidades del pensamiento del individuo que las estudia. Las habilidades del pensamiento se clasifican en básicas y de orden superior (Nickerson y cols., 1994).

Entre las habilidades básicas se encuentran: la observación, la identificación, la comparación, la clasificación, la jerarquización, la asociación, la inducción, la deducción, la síntesis, la memoria, etcétera.

Las habilidades más sobresalientes de orden superior son: la creatividad, el razonamiento (lógico, crítico, analítico, entre otras), la contextualización (vincular diferentes disciplinas transfiriendo conocimientos), el modelaje matemático, la resolución de problemas, y demás.

Es claro que las habilidades del pensamiento entran en juego en el proceso de la resolución de eventos contextualizados, pero también están presentes en este proceso las habilidades para aplicar heurísticas y las habilidades metacognitivas; todas ellas apoyan la transferencia del conocimiento.

Las creencias son un factor que puede actuar de manera positiva o negativa en el alumno. De hecho, los alumnos, al igual que cualquier persona, poseen creencias negativas y positivas; las primeras, bloquean para actuar de modo eficiente y, las segundas, al contrario, ayudan a que la solución de problemas sea eficiente.

Es menester mencionar los beneficios que se han identificado con la implementación de este tipo de cursos, por lo menos durante un semestre, mismos que se reflejan en los resultados de los estudiantes; también favorece su aprovechamiento escolar, y la motivación por los estudios de ingeniería incremental.

Taller integral del Modimaco

En el tercer bloque se implementa un taller integral e interdisciplinario, que se imparte en los últimos semestres de los estudios del alumno con el objetivo de resolver eventos reales de la industria (Camarena, 1999, 2004). Esta etapa se considera como la culminación del proceso didáctico de la contextualización y de una matemática social, entendida como una matemática para el ámbito social de la ingeniería, pues aquí es donde se verán reflejadas las acciones de transferencia del conocimiento fomentadas en las etapas anteriores.

La implementación de este bloque, a diferencia de los anteriores, requiere un grupo interdisciplinario de profesores que se comprometan con el proyecto. Por la complejidad que presentan los eventos reales de la industria, en el taller participan estudiantes egresados en las ciencias de Física y Matemáticas, ya que se ha visto que el trabajo en equipo es más eficiente y, trabajando entre pares de las mismas edades, el lenguaje y la confianza son componentes favorables para la resolución de los eventos contextualizados. Con este taller se favorece la formación integral y por competencias de los estudiantes.

Con el Modimaco los estudiantes desarrollan competencias, sin embargo, como ya se mencionó, en la época de gestación de este modelo didáctico no existía el término “competencias”.

Fase cognitiva

El sustento fuerte de la fase cognitiva de la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias está en la teoría de los aprendizajes significativos de Ausubel (1990). Por medio de la Matemática en Contexto se ha verificado que el estudiante obtiene conocimientos estructurados y no fraccionados, logrando con ello erigir estructuras mentales articuladas (Camarena, 1999, 2002a). La situación del aprendizaje interdisciplinario también se ha tratado mediante la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud (1990); como ejemplo, véase la tesis de doctorado de Muro (2004) en la que establece el campo conceptual de la serie de Fourier en la transferencia de masa de los fenómenos químicos.

La Matemática en Contexto ayuda a que el estudiante construya su propio conocimiento con amarres firmes y duraderos, y no volátiles; además, refuerza el desarrollo de habilidades del pensamiento mediante el proceso de resolver eventos vinculados con los intereses del alumno (Camarena, 2004).

Para observar en los estudiantes el funcionamiento cognitivo de la Matemática en Contexto también se ha recurrido al análisis de las funciones cognitivas de Feuerstein (1979), expuesto en la tesis de doctorado de Zúñiga (2004). Asimismo, se ha determi-

nado que el factor motivación en el estudiante se encuentra altamente estimulado por medio de la Matemática en Contexto y que su desempeño académico como futuro profesionista se incrementa, es decir, la transferencia del conocimiento se puede establecer sin tantos tropiezos (Camarena, 1999, 2003a).

Fase epistemológica

Con la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias, en su fase epistemológica se muestra que tal como los contextos de otras ciencias le dan sentido y significado a la matemática, ésta le da sentido y significado a los temas y conceptos de las ciencias del contexto, volviendo a conceptualizarlos (Muro, 2000; Muro y cols., 2002; Camarena, 1987).

Hay situaciones en las que el ingeniero emplea procesos o métodos, para los que usa matemáticas, sin conocer su origen. La fase epistemológica de la Matemática en el Contexto de las Ciencias pone a la luz estas génesis (Camarena, 1987), como en el caso de las impedancias complejas en circuitos eléctricos (Camarena, 2012), apoyando de esta manera el enfoque social de la matemática y contribuyendo al entendimiento de la interdisciplinariedad de la matemática con las áreas de la ingeniería.

Por medio de la fase epistemológica se ha edificado el constructo teórico denominado transposición contextualizada; en él la matemática que aprendieron los estudiantes en la escuela sufre transformaciones para adaptarse a las necesidades sociales de otras ciencias (Camarena, 2001), como es el caso de la delta de Dirac para modelar una señal eléctrica impulsiva.

Chevallard (1991) menciona que un contenido del saber científico (o conocimiento erudito) sufre una transposición cuando se lleva al aula, convirtiéndose en un saber a enseñar (o conocimiento a ser enseñado) y constituyéndose en una transposición didáctica. Por otro lado, se ha detectado que en la ingeniería el conocimiento matemático que se recibe en el aula (saber a enseñar) también sufre otra transformación al pasar al área de la aplicación de la ingeniería, construyéndose el constructo teórico de transposición contextualizada, como la ha denominado Camarena (2001).

Formalmente hablando, un conocimiento a ser enseñado (o conocimiento escolar), destinado a la praxis de la ingeniería, sufrirá un conjunto de transformaciones adaptativas que lo harán apto para las aplicaciones en esa ingeniería. Este conocimiento se denomina “saber de aplicación” o conocimiento a ser aplicado. Así, el conocimiento escolar se extrae del dominio colegial para insertarse en el ámbito de la ingeniería, convirtiéndose en un conocimiento a ser aplicado (o saber de aplicación) en el ámbito social. Al conjunto de transformaciones que sufre el conocimiento para pasar del conocimiento escolar al saber de aplicación en el ámbito

Cuadro 1.

Transposiciones del conocimiento.

Conocimiento científico	Transposición ➔	Conocimiento escolar	Transposición ➔	Conocimiento a ser aplicado en el ámbito social.
Transposición didáctica		Transposición contextualizada		

social se lo denomina transposición contextualizada. Luego, el conocimiento en el ámbito escolar es uno y, otro, cuando está en el contexto de la ingeniería en donde se utilizará (cuadro 1).

Como parte de esta etapa se cuenta con una serie de situaciones de matemática contextualizada (interdisciplinarias) para ser usadas en clase, como los cursos completos de carreras de ingeniería, donde se trabaja una matemática vinculada con la ingeniería en cuestión; véanse, por ejemplo, Camarena, (1987, 1993), Muro (2004), Ongay (1994), Suárez y cols., (2000). Los obstáculos epistemológicos, como han sido definidos por Brousseau (1983), se identifican en esta fase para ser usados en la planeación didáctica de los cursos, por medio del diseño de actividades de aprendizaje que ayuden a enfrentar estos obstáculos (Vite, 2007).

Fase docente

En la fase docente de la teoría de la MCC se han detectado las deficiencias de los profesores que dan cursos de matemáticas, cuya formación no es de matemáticos, y esto constituye una de las grandes causas de las deficiencias de los estudiantes de matemáticas (Camarena, 1990; Gibert y cols., 2010). Por medio de una investigación, desde 1990 se diseñó una “Especialidad en docencia de la ingeniería matemática en electrónica”, en donde las asignaturas de matemáticas están vinculadas con otras disciplinas, propias de la electrónica y sus ramas afines (Camarena, 1990). El propósito es que el profesor de matemáticas conozca la interdisciplinariedad de la matemática con la ingeniería (cuadro 2).

De hecho, la investigación arrojó cuatro categorías cognitivas que deberían incluirse en un programa de formación docente en matemáticas para el nivel universitario (gráfica 5): conocimiento sobre los estudios de la ingeniería en donde se labora; conocimiento de los contenidos a enseñar y a aprender; conocimiento sobre el uso de la tecnología electrónica como mediadora del aprendizaje del estudiante; y conocimiento acerca del proceso de enseñanza y aprendizaje de la matemática (en general, de la ciencia básica a aprender). Dentro de la última categoría se incluyen cursos sobre el conocimiento científico y técnico, la historia y los

Cuadro 2.

Vínculo entre las matemáticas y la ingeniería electrónica.

Matemáticas en el contexto de la ingeniería electrónica	
Matemáticas	Ingeniería electrónica
Introducción al análisis matemático de una variable real	Electrónica básica
Cálculo vectorial	Electromagnetismo
Álgebra lineal	Control electrónico
Ecuaciones diferenciales ordinarias	Circuitos eléctricos
Análisis de Fourier	Análisis de señales electromagnéticas
Probabilidad	Análisis de señales aleatorias
Procesos estocásticos	Telefonía

Gráfica 5. Áreas de formación y actualización de docentes del nivel superior.

Conocer los procesos de aprendizaje y enseñanza	Conocer la ingeniería
Conocer la tecnología como mediadora del aprendizaje	Conocer los contenidos a enseñar

fundamentos de la matemática, los procesos de aprendizaje, y la evaluación del aprendizaje, entre otros.

En la fase docente también se realizan investigaciones sobre la formación por competencias de los maestros (González, 2011) y su motivación por la estrategia didáctica de la Matemática en Contexto (Gibert y cols., 2010), entre otras investigaciones en las que se abordan otros factores de los profesores.

2. Sectores educativo y social que han causado impacto en la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias

Para abordar los sectores educativo y social que han causado impacto en la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias se presenta la red de investigación del grupo de trabajo en la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias. Los miembros de la red se pueden clasificar en dos grupos: los que

han contribuido a fortalecer o ampliar la teoría por medio de sus investigaciones y los que usan la teoría para sus trabajos de tesis de posgrado o para su práctica docente.

La Red de Investigación en Matemática en el Contexto de las Ciencias (Red Macociencias) es internacional y practica la investigación interdisciplinaria; nació en el Instituto Politécnico Nacional de México gracias a un grupo de investigadores preocupados por mejorar su práctica docente, quienes emplearon elementos fundamentados teóricamente para el aprendizaje y la enseñanza de la matemática en las carreras de ingeniería.

No se trataba de abordar las inquietudes con la opinión personal de cada integrante: se quería tener certeza en las decisiones que se tomaran. Para lograrlo, un subgrupo decidió incursionar en la investigación educativa, a fin de abordar objetiva y científicamente las interrogantes que yacían en el sentir de los profesores.

Como es sabido, la investigación educativa y la difusión de los resultados están íntimamente relacionados. De este modo, los resultados de las investigaciones se comienzan a difundir en eventos académicos y en revistas. Al presentarse en eventos académicos, los asistentes van conociendo el trabajo del grupo de investigación y de allí surgen invitaciones a dictar conferencias sobre tales resultados. Las invitaciones que recibieron los investigadores eran de universidades mexicanas y extranjeras donde se habían presentado los trabajos de investigación. En el medio académico universitario es atractiva la temática abordada, dado que la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias nace en el nivel superior; mientras que las teorías educativas tradicionales nacen en el nivel educativo básico y se trata de llevarlas al nivel universitario. Luego, se comenzaron a integrar al grupo investigadores y docentes de otras instituciones de educación superior en México.

Con el *boom* de la Internet, en la década de 1990, se tuvo la oportunidad de publicar el material en línea, e incluso que se dieran eventos académicos totalmente virtuales, como la primera Reunión Educativa Internacional Virtual de Modalidades Alternativas (REIVMA-1). Así, se dieron a conocer las investigaciones y, vía correo electrónico, comenzó a darse la comunicación con otros investigadores interesados en el mismo tema. Asimismo, empezaron a llegar invitaciones de otros países para dar a conocer la teoría de la MCC por medio de conferencias magistrales y cursos para profesores o estudiantes que serían docentes de la matemática.

Los primeros países en acercarse fueron Chile, Perú y Venezuela; posteriormente, Cuba, Brasil, Costa Rica, Guatemala, Colombia, República Dominicana, Uruguay y Francia. En cada país hay investigadores que han utilizado la teoría de la MCC como marco teórico de sus investigaciones, también hay estudiantes que emplean esta teoría para fundamentar sus tesis de maestría y doctorado. Los investigadores son miembros de la Red Macociencias, lo

cual la convierte en una red de investigación internacional. Para el caso de los posgrados en Educación Matemática, algunos de estos investigadores han incluido la teoría de la MCC como tema de sus cursos, situación que lleva al incremento de los miembros de la red.

Con la incorporación de docentes de diversos niveles educativos interesados en la MCC, y por medio de investigaciones, se han ido definiendo de manera específica actividades didácticas para los diferentes niveles educativos; con esto, la teoría de la MCC, que inicia en el nivel universitario, se está llevando a los niveles anteriores, de tal forma que ha incidido en el bachillerato, la secundaria y la educación primaria (gráfica 6).

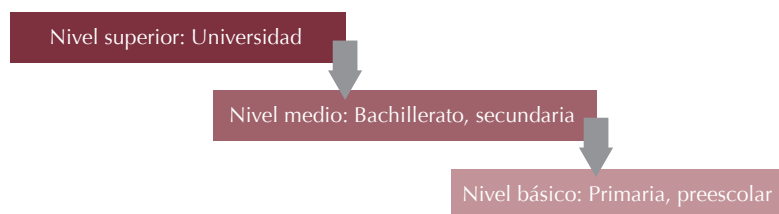
Es menester mencionar que el trabajo en la red genera conocimientos que se construyen a partir de la investigación científica, que es la práctica fundamental de la Red Macociencias. Las investigaciones se fundamentan en la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias y, en general, van nutriendo la teoría.

La gestión del conocimiento se lleva a cabo por medio de proyectos de investigación en los que participan, como directores de proyecto, los líderes de alguna de las fases o áreas del conocimiento que intervienen con mayor ponderación. Los investigadores se agrupan en torno a un proyecto, ya sea por invitación del director de proyecto, o bien por acuerdo entre investigadores.

Para incursionar en las investigaciones, cuya producción es la construcción de conocimiento, es necesario que los participantes en la investigación estén inmersos en la línea de pensamiento de la teoría, es decir, que piensen de modo interdisciplinario en la construcción del conocimiento; además, es necesario tener pericia en la investigación educativa científica y saber trabajar en equipos interdisciplinarios.

Es importante mencionar que según la fase de la teoría en la que se ubique el proyecto de investigación será el tipo de investigadores que participen, es decir, investigadores con una formación específica. Por ejemplo, para trabajar en una investigación sobre la motivación del docente se requiere el apoyo de un psicólogo. Para trabajar eventos contextualizados en la química

Gráfica 6. Niveles educativos de incidencia de la teoría de la MCC.



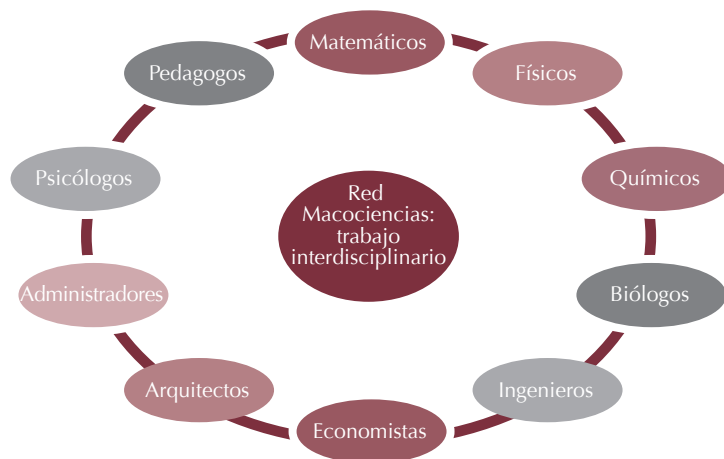
se requiere de un químico, ya que se deben poder secuenciar los contenidos de manera congruente y gradual en el nivel cognitivo, lo cual solo puede hacer un experto en la disciplina. Para el desarrollo de algún material computacional interactivo, que se usará como mediador del aprendizaje en alguna investigación, se necesita la participación de un ingeniero en computación, y así sucesivamente.

Esta situación lleva a que la Red Macociencias sea interdisciplinaria y esté constituida por investigadores de diversas áreas del conocimiento. Por el tipo de investigaciones interdisciplinarias que se desarrollan en la Red Macociencias se incluye a investigadores de diversas disciplinas, como matemáticas, física, química, bioquímica, ingeniería en varias ramas, arquitectura, economía, administración, biología, psicología y pedagogía (gráfica 7).

El modo de participación es voluntario y las investigaciones que se realizan las define el director del proyecto en conjunto con los participantes. Casi siempre son investigaciones que de alguna manera se registran en la institución del director del proyecto. La difusión de los resultados es un elemento de reconocimiento para los participantes en el proyecto de investigación.

Al año, se realiza una Jornada, vía videoconferencias, por medio de Internet 2, para mostrar los resultados de investigación a los miembros de la Red Macociencias y a los docentes e investigadores invitados de alguna nueva institución educativa que ha mostrado interés en los trabajos de la red. Con la incorporación de nuevos miembros, la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias, que nació para las ingenierías, se extendió a otras profesiones que también requieren de la matemática, como biología, física, química, bioquímica, administración, economía, arquitectura (gráfica 8).

Gráfica 7. Formación de los miembros de la Red Macociencias.



Gráfica 8. Profesiones en las que se ha trabajado con la teoría de la MCC.

Es importante explicitar que la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias ha impactado el sector educativo mediante la incorporación de investigadores internacionales, de diversas instituciones educativas, a la Red Macociencias, donde la producción que genera la teoría se emplea como fundamento teórico de investigaciones, tesis de licenciatura, maestría y doctorado, o bien como insumos de la práctica docente. También es importante comentar que la Red Macociencias ha sido reconocida por el Consejo Mexicano de Investigación Educativa (COMIE) y está vinculada a él.

La teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias se ha extendido a otras ciencias, generando la teoría de las Ciencias en Contexto (gráfica 9), misma que ha influido en el sector social, particularmente en el de la enseñanza de la ingeniería, y su trabajo ha sido reconocido por la Academia de Ingeniería de México (AI-M).

De manera semejante, se ha visto la necesidad de abrir áreas de investigación, como la tecnología electrónica, en el sector educativo (Calderón y cols., 2002; García, 2003; Luis, 2004; Ortiz y

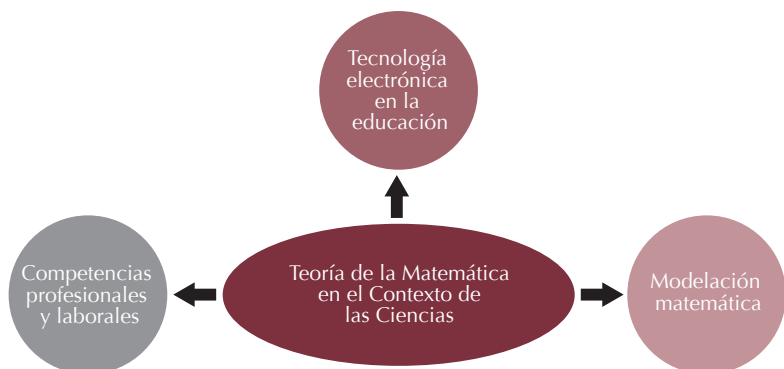
Gráfica 9. Extrapolación de la MCC a las Ciencias en Contexto.

cols., 2007; Villalpando y cols., 2007); las competencias profesionales y laborales (Camarena, 2004; González 2011; González y cols., 2011b); y la modelación matemática (Camarena, 2006, 2009; Cervantes, 2008; González y cols., 2000; Neira, 2012; Pantle, 2000; Trujillo y cols., 2003; Villanueva, 2003). Es claro que estas áreas no son nuevas en la investigación educativa: la diferencia estriba en el enfoque que otorga la línea del pensamiento de la teoría de la MCC a cada una de estas áreas, como se puede ver en las referencias aludidas arriba (gráfica 10).

Vale la pena mencionar que la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias se ha extrapolado a las ciencias básicas de física y química, así como de la bioquímica, la biología, las ciencias administrativas, la arquitectura, entre otras, de tal modo que origina la teoría denominada Ciencias en Contexto (Camarena, 2003a, 2006, 2011; González, 2011), la cual también incorpora otras asignaturas propias de las ingenierías, como comunicaciones y acústica, por solo citar algunas. Así, todo lo relativo a las Ciencias en Contexto tiene su origen en la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias, donde se conservan todas las premisas, paradigmas y líneas de pensamiento de la matemática en contexto para las ciencias básicas y otras ciencias de las carreras universitarias. Es decir, en una profesión donde las ciencias por sí mismas no son la meta, la línea de pensamiento es que no se ofrezcan cursos de ciencias por las ciencias mismas, sino que se cuestione: ¿por qué?, ¿para qué?, ¿a quién?, ¿quién?, ¿qué?, ¿cómo?, ¿cuándo?, etcétera. Éstas son preguntas que surgen de la línea de pensamiento del contexto (Camarena, 2011).

Para el caso de las ciencias básicas, el paradigma educativo del cual se parte es que, con los cursos de ciencias básicas en ingeniería, el estudiante poseerá los elementos y herramientas que utilizará en las materias específicas de su profesión. La física y la química, como cimientos de la ingeniería; y la matemática,

Gráfica 10. Áreas generadas por la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias.



como herramienta y lenguaje de la ingeniería. Sin dejar de lado el hecho de que las ciencias básicas son *formativas* para el alumno (Camarena, 2004, 2011); término que, según Camarena (1999), significa desarrollar un orden y una disciplina mental en la profesión y en la vida cotidiana, consumir la adquisición de un espíritu crítico y analítico, lograr un criterio científico y desarrollar habilidades del pensamiento. Todo ello siempre y cuando se manejen las ciencias básicas razonadas, lógicas, sabiendo el porqué de las cosas, sin magia; ciencias básicas que sean conceptuales y no solamente algorítmicas u operativas (Camarena, 1984, 1999, 2002b, 2004, 2008, 2011).

Como ha sido mencionado, la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias ha generado un área de investigación que es el uso de la tecnología electrónica en la educación, donde se ha incursionado en la tecnología como mediadora del aprendizaje y la tecnología como ambiente de aprendizaje, donde, a su vez, se ha generado, entre otros, un modelo didáctico para elaborar material computacional interactivo para el aprendizaje de las ciencias. Se concibe la generación de esta área a partir de la teoría de la MCC y se está trabajando no sólo para la enseñanza de la matemática, sino de las ciencias en general, y para el diseño de programas académicos de diversas áreas del conocimiento.

De manera semejante, la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias genera un área de investigación sobre las competencias profesionales y laborales, donde no solo se trabaja sobre las competencias matemáticas, sino sobre las competencias de otra ciencia y las de áreas específicas de las ingenierías.

Otra vertiente que se genera de la teoría de la MCC es el área de investigación sobre modelación matemática; aunque ésta se halla inmersa en la estrategia didáctica de la Matemática en Contexto, el hecho es que requiere de precisiones que llevan al desarrollo de investigaciones específicas para este tema con un trabajo interdisciplinario.

Conclusiones

A manera de conclusión, la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias se ha desarrollado desde 1982 por medio de investigaciones empíricas, epistemológicas, curriculares y psicológicas.

Esta teoría ha permitido fundamentar investigaciones, tesis de licenciatura, maestría y doctorado, así como fortalecer la práctica docente de quien la emplea.

Es una teoría que nace en el nivel universitario y se está llevando a los niveles educativos anteriores, a diferencia de otras teorías que nacen en el nivel básico y luego se llevan a los niveles educativos posteriores.

La teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias nace centrada en la matemática, ésta se extrapola a otras ciencias, como la física, la química, la bioquímica, los circuitos eléctricos, la teoría electromagnética, etcétera.

La teoría de la MCC nace para las ingenierías y, posteriormente, se extiende a otras profesiones, como biología, física, química, bioquímica, administración, economía, arquitectura.

Referencias

- Accostupa, H. J. (2009). *Propuesta didáctica para las funciones sinusoidales de la forma $f(x)=A+B\text{Sen}(Cx+D)$ en el contexto de los circuitos eléctricos del área de la Ingeniería*. Tesis de Magíster en Enseñanza de las Matemáticas de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Alvarado, P. Y. (2008). *Análisis del significado de la solución de las ecuaciones diferenciales lineales en la volatilización de compuestos orgánicos*. Tesis de Maestría en Orientación Educativa de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., y Hanesian, H. (1990). *Psicología educativa, un punto de vista cognoscitivo*. México, D. F.: Editorial Trillas.
- Brousseau, G. (1983). Obstacles épistémologiques de la didactique des mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, 7(2).
- Calderón, S. C., y Cortés, E. E. (2002). *Diseño de experiencias de aprendizaje con el apoyo tecnológico para la visualización de las características de las funciones polinomiales*. Tesis de Maestría en Ciencias en Enseñanza de las Ciencias del Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica de la Secretaría de Educación e Investigación Tecnológicas de la Secretaría de Educación Pública de México.
- Camarena, G. P. (1984). *El currículo de las matemáticas en ingeniería*. Memorias de las Mesas redondas sobre definición de líneas de investigación en el IPN. México, D. F.: IPN.
- Camarena, G. P. (1987). *Diseño de un curso de ecuaciones diferenciales en el contexto de los circuitos eléctricos*. Tesis de Maestría en Ciencias en el área de Educación Matemática. México, D. F.: CINVESTAV-IPN.
- Camarena, G. P. (1990). *Especialidad en docencia de la ingeniería matemática en electrónica*. México, D. F.: Editorial ESIME-IPN.
- Camarena, G. P. (1993). *Curso de análisis de Fourier en el contexto del análisis de señales eléctricas*. México, D. F.: Editorial ESIME-IPN.
- Camarena, G. P. (1995). *La enseñanza de las matemáticas en el contexto de la ingeniería*. Conferencia Magistral, XXVIII Congreso Nacional de la Sociedad Matemática Mexicana, México.
- Camarena, G. P. (1999). Reporte de proyecto de investigación titulado: *Etapas de la matemática en el contexto de la ingeniería*, con núm. de registro: CGPI-IPN: 990413. México, D. F.: Editorial ESIME-IPN.
- Camarena, G. P. (2001). *Las Funciones Generalizadas en Ingeniería, construcción de una alternativa didáctica*. México, D. F.: Editorial ANUIES, Colección Biblioteca de la Educación Superior, Serie Investigación.
- Camarena, G. P. (2002a). Reporte de investigación titulado: *Los registros cognitivos de la matemática en el contexto de la ingeniería*, con núm. de registro: CGPI-IPN: 20010616. México, D. F.: Editorial ESIME-IPN.
- Camarena, G. P. (2002b). Metodología curricular para las ciencias básicas en ingeniería. *Revista Innovación Educativa*, 2(10, 11), 22-28 y 4-12.

- Camarena, G. P. (2003a). Reporte de investigación titulado: *La matemática en el contexto de las ciencias y la didáctica disciplinaria*, con núm. de registro: CGPI-IPN: 20030491. México, D. F.: Editorial ESIME-IPN.
- Camarena, G. P. (2003b). Las heurísticas disciplinarias y la matemática en contexto. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 16(tomo II), 571-577.
- Camarena, G. P. (2004). Reporte de proyecto de investigación titulado: *La matemática en el contexto de las ciencias: las competencias profesionales*, con núm. de registro: CGPI-IPN: 20040434. México, D. F.: Editorial ESIME-IPN.
- Camarena, G. P. (2006). Reporte de investigación titulado: *La matemática formal en la modelación matemática*, con núm. de registro SIP-IPN: 20061457. México, D. F.: Editorial ESIME-IPN.
- Camarena, G. P. (2008). Teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias [Conferencia Magistral]. *Actas del III Coloquio Internacional sobre Enseñanza de las Matemáticas*, Perú.
- Camarena, G. P. (2009). Mathematical models in the context of sciences. *Mathematical applications and modelling in the teaching and learning of mathematics*, (461), 117-132.
- Camarena, G. P. (2011). Reporte de proyecto de investigación titulado: *Fundamentos teóricos de las ciencias en contexto*, con núm. de registro: SIP-IPN: 20110229. México, D. F.: Editorial ESIME-IPN.
- Camarena, G. P. (2012). Epistemología de las impedancias complejas en ingeniería. *Revista Innovación Educativa*, 12(58), 35-55.
- Carmona B. E., y Belman, Z. O. (2002). *Identificación de obstáculos para la conceptualización del triángulo rectángulo*. Tesis de Maestría en Ciencias en Enseñanza de las Ciencias del Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica de la Secretaría de Educación e Investigación Tecnológicas de la Secretaría de Educación Pública de México.
- Cervantes, S. M. (2008). *La matemática en contexto y el enfoque hacia la modelación en el aprendizaje de la derivada como razón de cambio contexto de las ciencias*. Tesis de Doctorado en Educación de la Universidad Autónoma de Baja California, México.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*, Buenos Aires, Ar.: Aique Grupo Editor S. A.
- Dávila, O. T. (2003). *Identificación de prerrequisitos de una ecuación diferencial de primer orden en el contexto de los circuitos eléctricos*. Tesis de Especialidad en Didáctica de las Ciencias y la Tecnología, Instituto Politécnico Nacional, México.
- De Bono, E. (1997). *El pensamiento lateral, manual de creatividad*. México, D. F.: Editorial Paidós.
- De Pavia, I. P. (2006). *Desarrollo de habilidades del pensamiento para la matemática en el contexto de las ciencias*. Tesis de Maestría en Ciencias en Matemática Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, México.
- Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. México, D. F.: Editorial de la Universidad del Valle de México.
- Feuerstein, R. (1979). *The Dynamic Assessment of Retarded Performers: The Learning Potential Assessment Device, Theory, Instruments and Techniques*. Jerusalén, Is.: Park Press.
- Flores, A. I. P., y Camarena, G. P. (2012). La interdisciplinarietà: nivel superior. En R. D. Gutiérrez, D. C. Ceniceros, y V. H. Monárrez (Coords.), *Procesos de enseñanza y aprendizaje: estudios en el ámbito de la educación media superior y superior* (pp. 150-167). Durango, Mx.: REDIE, Colección Experiencias de investigación.

- García, A. G. (2003). *Un recurso didáctico con las nuevas tecnologías de la información y comunicación para fortalecer el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales*. Tesis de Especialidad en Didáctica de las Ciencias y la Tecnología, Instituto Politécnico Nacional, México.
- García, G. L. (2000). *Nociones contextualizadas de las series en ingeniería*. Tesis de Maestría en Ciencias con Orientación en Enseñanza de la Matemática de la Coordinación de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Gibert, D. R., y Camarena, G. P. (2010). La motivación del docente ante la matemática en contexto. *The Mexican Journal of Electromechanical Engineering*, 14(3), 107-113.
- González, A. L. M. (2011). Formación de profesores en el enfoque por competencias para impartir cursos de matemáticas en contexto de las ciencias. *Proceedings of XIII Inter American Conference on Mathematics Education*, Recife, Brasil.
- González, A. L. M., y Camarena, G. P. (2011a). La gestión de las emociones en la clase de matemáticas. En Memorias del VI International Conference on Electro mechanics and Systems Engineering, México.
- González, A. L. M., y Camarena, G. P. (2011b). Valores en las competencias matemáticas. *Proceedings of XIII Inter American Conference on Mathematics Education*, Recife, Brasil.
- González, E. E., y Suárez, P. T. (2000). *Modelo matemático de una máquina de BUS finito*. Tesis de Especialidad en Didáctica de las Ciencias y la Tecnología, Instituto Politécnico Nacional, México.
- Hernández, R. M. A. (2009). *Las ecuaciones diferenciales ordinarias lineales de primer y segundo orden en el contexto del movimiento uniforme*. Tesis de Maestría en Ciencias en Matemática Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, México.
- Herrera, E. J., y Camarena, G. P. (2003). Los modelos matemáticos en el contexto de los circuitos eléctricos y la metacognición. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 16(tomo II), 495-501.
- Luis, G. M. (2004). *El uso de la informática como motivador en el aprendizaje del álgebra*. Tesis de Maestría en Ciencias en Enseñanza de las Ciencias del Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica de la Secretaría de Educación e Investigación Tecnológicas de la Secretaría de Educación Pública de México.
- Muro, U. C. (2000). *Las series de Fourier en el contexto del proceso de transferencia de masa*. Tesis de Maestría en Ciencias con Orientación en Enseñanza de la Matemática de la Coordinación de Investigación y Postgrado de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Muro, U. C. (2004). *Análisis del conocimiento del estudiante relativo al campo conceptual de la serie de Fourier en el contexto de un fenómeno de transferencia de masa*. Tesis de Doctorado en Ciencias en Matemática Educativa, Instituto Politécnico Nacional, México.
- Muro, U. C., y Camarena, G. P. (2002). La serie de Fourier en el contexto del proceso de transferencia de masa. *Revista Científica: The Mexican Journal of Electromechanical Engineering*, 6(4), 159-163.
- Neira, F. V. (2012). *Modelación de problemas contextualizados usando sistemas de ecuaciones lineales con dos variables: basado en el enfoque de la Matemática en el Contexto de las Ciencias*. Tesis de Magíster en Enseñanza de las Matemáticas de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Nickerson, R. S., Perkins, D. N., y Smith, E. E. (1994). *Enseñar a pensar, aspectos de la aptitud intelectual*. Madrid, Es.: Editorial Paidós M. E. C.

- Olazábal, C. A. (2005). *Categorías en la traducción del lenguaje natural al algebraico de la matemática en contexto*. Tesis de Maestría en Ciencias en Matemática Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, México.
- Olazábal, B. A. M., y Camarena, G. P. (2003). Categorías en la traducción del lenguaje natural al lenguaje algebraico de la matemática en contexto. *Memorias del Congreso Nacional de Profesores de Matemáticas*, México.
- Ongay, F. (1994). Apuntes de un curso de *Cálculo Vectorial en el contexto de la Teoría Electromagnética*. Inédito.
- Ortiz, B. A., Vera, C. Y., Zavala C., y Camarena, G. P. (2007). *Modelo académico*. (Tomo II, vol. 2 de la serie Modelo académico para nuevas modalidades educativas). México, D. F.: DINME-IPN.
- Pantle, A. (2000). *Modelo matemático de un sistema de transmisión de energía eléctrica*. Tesis en Especialidad en Didáctica de las Ciencias y la Tecnología, Instituto Politécnico Nacional, México.
- Piaget, J. (1991). *Introducción a la epistemología genética: el pensamiento matemático* (pp. 27-30). México, D. F.: Editorial Paidós, Psicología Evolutiva.
- Polya, G. (1976). *Cómo plantear y resolver problemas*. México, D. F.: Editorial Trillas.
- Ramírez, V. R., y Rosas, H. M. (2005). *Humanizar la Matemática en el Contexto de la Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica*. Tesis de Especialidad en Didáctica de las Ciencias y la Tecnología, Instituto Politécnico Nacional, México.
- Rojas, B. J. (2008). *Aplicación de los campos de Galois en el contexto de la corrección y detección de errores en comunicaciones basadas en los códigos BCH, con un enfoque didáctico*. Tesis de Maestría en Telecomunicaciones del Instituto Politécnico Nacional, México.
- Santos, T., y Luz, M. (1997). *Principios y métodos de la resolución de problemas en el aprendizaje de las matemáticas*. México, D. F.: Grupo Editorial Iberoamérica S. A. de C. V.
- Sauza, T. M. (2006). *Una propuesta didáctica del análisis matemático en el contexto de la ingeniería de control*. Tesis de Maestría en Orientación Educativa de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Suárez, B. V., y Camarena, G. P. (2000). La transformada de Laplace en el contexto de la ingeniería. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 13, 124-130.
- Trejo, T. E. (2005). *La ecuación diferencial en el contexto de las reacciones químicas de primer orden*. Tesis en Maestría en Orientación Educativa de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Trejo, T. E., y Camarena, G. P. (2011). Vínculo: matemáticas, ciencias y aprendizaje. En *Memorias del XIII Inter American Conference on Mathematics Education*, Recife, Brasil.
- Trujillo, R. J., y Herrera, E. J. (2000). *Modelo matemático de una máquina de CD*. Tesis de Especialidad en Didáctica de las Ciencias y la Tecnología, Instituto Politécnico Nacional, México.
- Vergnaud, G. (1990). La teoría de los campos conceptuales. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10(2), 133-170.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society. The development in higher psychological processes*. Cambridge, EUA: Harvard University Press.
- Villalpando, R. R., y Camarena, G. P. (2007). *Modelo curricular para modalidades educativas alternativas: modelo didáctico*. México, D. F.: Colección de Libros de Modalidades Educativas Alternativas (tomo III, vol. 2). Edición electrónica; página Web de la Dirección de Nuevas Modalidades Educativas del IPN, México. Recuperado de: www.dinme.ipn.mx

- Villanueva, V. R., y Méndez, J. F. (2003). *Matematización de problemas de física*. Tesis de Especialidad en Didáctica de las Ciencias y la Tecnología, Instituto Politécnico Nacional, México.
- Vite, M. P. (2007). *Propuesta didáctica: Ecuaciones algebraicas de primer grado en contexto*. Tesis en Maestría en Orientación Educativa de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Zúñiga, S. L. (2004). *Funciones cognitivas: un análisis cualitativo sobre el aprendizaje del concepto de función de dos variables y la derivada parcial en el contexto de la ingeniería*. Tesis de Doctorado en Ciencias en Matemática Educativa, Instituto Politécnico Nacional, México.