

Proyectos de investigación en el Instituto Politécnico Nacional

El Instituto Politécnico Nacional (IPN), desde su fundación en México, ha tenido como fin la creación y aplicación de la técnica para el progreso del país. A través de la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP),¹ el IPN ha apoyado a su cuerpo académico y de investigadores para la generación de proyectos de diferentes tipos, pero siempre con la intención de generar conocimientos y avances tecnológicos.

Los Proyectos Transdisciplinarios son aquellos donde los grupos de investigadores pertenecen a diferentes disciplinas y trabajan conjuntamente para crear nuevos conceptos, teorías, métodos e innovaciones que se integran y se mueven más allá de los enfoques de las disciplinas específicas para hacer frente a un problema común.

En los Proyectos Multidisciplinarios, los grupos de investigadores pertenecen a diversas disciplinas, pero trabajan juntos en algún momento del proyecto. Aunque sus preguntas de investigación son independientes, los resultados se pueden utilizar para lograr una meta científica en común.

Los Proyectos de Innovación tienen como meta el establecer nuevos servicios o introducir mejoras sustanciales sobre los ya existentes que den respuesta a necesidades del país, y que potencialmente puedan dar como resultado la transferencia de tecnología, así como fomentar la actividad emprendedora que tienda a la generación de empresas de base tecnológica.

Mediante el Programa Especial de Consolidación y Formación de Grupos de Investigación, la SIP busca contribuir al avance de la investigación, el desarrollo

¹ La Secretaría de Investigación y Posgrado coordina en el Instituto la investigación científica y tecnológica con el propósito de generar conocimientos que contribuyan al avance de la ciencia y de la tecnología; así mismo, coordina la formación de recursos humanos de alto nivel para mejorar la calidad de vida de la población y la conservación y uso sustentable de los recursos naturales de la Nación.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Proyecto Innovación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0
Multidisciplinario y Transdisciplinario	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231
Programa Especial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	341	473
Multidisciplinario	0	0	0	0	0	0	0	5	156	269	227	0
Propuesta de Estudio	102	113	85	146	119	106	73	52	0	0	0	0
Proyecto Individual	722	861	887	1153	1116	1105	1152	1122	1065	984	871	838
Total General	824	974	972	1299	1235	1211	1225	1179	1221	1253	1453	1542

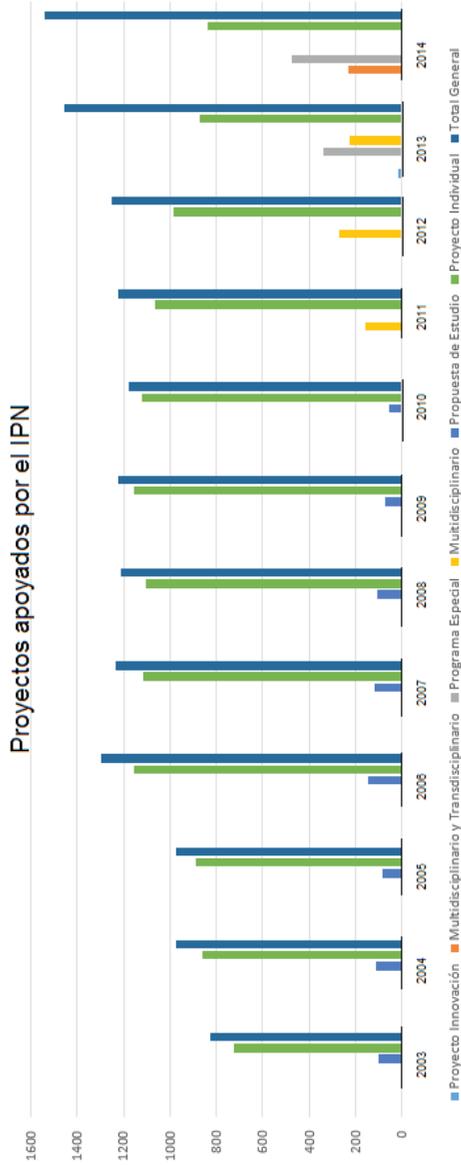


Figura 1. Tipos de proyectos apoyados por la sip en el IPN

tecnológico y la Innovación en el IPN, mediante la conformación de nuevos grupos que trabajen en estos ámbitos.

Finalmente, mediante los Proyectos de Investigación Individuales, la SIP busca que los profesores e investigadores del IPN propongan proyectos de investigación básica, aplicada, educativa, de autoequipamiento o de desarrollo tecnológico. Adicionalmente se pueden abordar enfoques con perspectiva de género y de sustentabilidad. Estos proyectos pueden pertenecer a alguna de las áreas de Ingeniería y Tecnología, Ciencias Sociales, Ciencias Naturales, Ciencias Agrícolas, Ciencias Médicas, o Humanidades. En la figura 1 puede observarse el número de proyectos de investigación apoyados por la SIP a todo el Instituto desde el año 2003 hasta la fecha.²

El Programa de Matemática Educativa (PROME) adscrito al Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA) unidad Legaria, ofrece dos posgrados: la Maestría en Ciencias en Matemática Educativa y el Doctorado en Matemática Educativa. El cuerpo académico responsable de ambos posgrados participa anualmente en las convocatorias de la SIP con proyectos de tipo multidisciplinario e individual en los que colaboran investigadores de diferentes unidades académicas del IPN y de instituciones educativas externas al IPN. Se incluye en ellos la participación de estudiantes de los dos posgrados mencionados, buscando generar recursos humanos altamente calificados. A continuación describimos sólo cinco de los proyectos generados por el PROME en el año 2014.

PROYECTO SIP 20141246

El proyecto “Actividades de modelización matemática para la transición bachillerato-universidad” se desarrolla a cargo de Avenilde Romo Vázquez y surge con el objetivo de diseñar actividades didácticas cercanas a la modelización matemática de los contextos reales. Esto tiene el objetivo de atender al nuevo paradigma educativo en el cual las matemáticas son vistas como una disciplina de servicio (Howson, Kahane, Lauginie y Turckeheim, 1988). Es decir, las matemáticas vistas como herramientas que permiten comprender y enfrentar de la mejor manera el cotidiano. Los niveles educativos medio-superior y superior, además de tener que relacionar enseñanza con realidad (o vida cotidiana),

² Los datos y la gráfica han sido tomados de la página: <http://www.investigacion.ipn.mx/Proyectos/Paginas/historico.aspx>

deben preparar a futuros técnicos y/o universitarios para una práctica profesional que requiere del uso de tecnologías informáticas, lo que modifica el trabajo matemático (Kent, 2007). La pregunta que emerge es, ¿cómo preparar mejor a los futuros técnicos y/o universitarios para que puedan realizar tareas profesionales o continuar estudios universitarios? El desafío para la enseñanza de las matemáticas es enorme, pues por una parte debe dotarse a los estudiantes de conocimientos matemáticos disciplinares y por otra mostrar cómo estos conocimientos se utilizan para modelar situaciones y fenómenos reales. Esto implica analizar contextos reales para conocer cómo se utilizan los conocimientos matemáticos y el tipo de actividad de modelización que en cada uno de estos tiene lugar. En este proyecto analizamos contextos de tres tipos: científicos, escolares y profesionales. En el científico analizamos el método de Separación Ciega de Fuentes (BSS, por sus siglas en inglés) utilizado para la separación de señales eléctricas cerebrales de las no cerebrales. Este análisis se realiza conjuntamente con ingenieros biomédicos de la Universidad de Guadalajara; además, una estudiante de doctorado y un estudiante de maestría ya han diseñado actividades didácticas que están en una fase de prueba. Los contextos escolares corresponden a cursos impartidos en formaciones de especialidad de ingenieros, Administración de Operaciones I, Análisis Matricial de Estructuras y Elemento Finito, así como al curso de Física impartido en el nivel bachillerato. Estos contextos son analizados por estudiantes de maestría. El contexto profesional corresponde al de la industria cervecera y se está analizando particularmente el uso del diagrama de Pareto en diversos problemas. Este análisis está a cargo de un tesista de maestría. Todos los contextos son analizados desde el enfoque de la Teoría Antropológica de lo Didáctico (Chevallard, 1999), particularmente se consideran dos nociones: institución y praxeología. Esto permite reconocer la actividad de modelización que tiene lugar en cada contexto visto como institución, y la forma en que podría ser adaptada a la clase de matemáticas (también vista como institución), a través del diseño de actividades didácticas que involucran praxeologías de modelización. Una presentación detallada de esta propuesta teórico-metodológica aparece en Romo (2014).

PROYECTO SIP20141241

El proyecto "Diseño y desarrollo de una ingeniería didáctica para la enseñanza aprendizaje de las matemáticas basada en competencias: Cálculo", dirigido por

Alejandro Rosas, tiene como objetivo principal la creación de una ingeniería didáctica. Este interés se debe a que en su metodología, la ingeniería didáctica permite generar material de investigación que al mismo tiempo se constituye en material didáctico, el cual puede ser utilizado en las aulas de clase.

En este proyecto colaboran profesores investigadores de diferentes unidades académicas del IPN, entre ellas CICATA unidad Legaria, la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas, y la Escuela Superior de Cómputo. También colaboran tres estudiantes del programa de maestría.

Actualmente este proyecto tiene en desarrollo una actividad didáctica basada en la presentación de breves secuencias de una película mediante la cual los estudiantes desarrollan competencias matemáticas relacionadas con la modelación de fenómenos reales mediante la aplicación de las matemáticas. Posteriormente se realiza la aplicación de una ingeniería didáctica encaminada a profundizar el desarrollo de ciertas competencias matemáticas.

PROYECTO SIP20141180

El proyecto "Diseño de una secuencia didáctica para el estudio del concepto de base de una transformación lineal en R^2 utilizando GeoGebra", dirigido por Juan Gabriel Molina Zavaleta, tiene por objetivo elaborar una secuencia didáctica que permita al estudiante construir un modelo geométrico del concepto de base de una transformación lineal en R^2 . El diseño está pensado para implementarse en un curso de álgebra lineal como parte del estudio de las transformaciones lineales, y con él se pretende proporcionar a los estudiantes una idea intuitiva de lo que puede entenderse por este concepto. Según Fischbein (1987), la intuición influye implícitamente en cómo los estudiantes entienden los conceptos en ciencias y en matemáticas y esto ocurre por medio de los modelos intuitivos. Lo intuitivo se refiere a ideas que son aceptadas como ciertas por ser evidentes por sí mismas, no requieren argumentación para ser aceptadas. Los modelos intuitivos son representaciones que hacen las personas (consciente e inconscientemente) de conceptos o de ideas. Al respecto, en el trabajo de Molina y Okaç (2007) se reportan algunos modelos mentales relativos a la transformación lineal en contexto geométrico que mostraron los estudiantes que participaron en el estudio. Estos modelos corresponden a expansiones, contracciones, rotaciones y combinaciones de los anteriores. Tales estudiantes no pudieron identificar

otras transformaciones lineales al no poder expresarlas en términos de sus modelos; estos antecedentes motivaron el diseño de secuencias didácticas para abordar discusiones relacionadas con la transformación lineal con estudiantes. El dibujo de un vector en un plano cartesiano como una flecha es un modelo que representa ese objeto matemático, se podría decir que es intuitivo porque es observable y puede ser manipulado: se puede expandir, contraer, rotar. Esta manipulación es observable por el estudiante al utilizar un software de geometría dinámica en la computadora. La secuencia consiste en una serie de tareas matemáticas para los estudiantes en las que construyen transformaciones lineales que aplican a figuras como vectores, triángulos y cuadrados analizando los elementos geométricos que definen o distinguen una transformación lineal de otra. Son los vectores de la base del espacio transformado los que permiten ver con mayor facilidad el efecto geométrico de la transformación. En cuanto a los resultados, se cuenta con el diseño de las tareas de la secuencia, que están por ser probadas con estudiantes.

PROYECTO SIP20141011

El proyecto denominado “Búsqueda de ayuda para la clase de matemáticas a través de dispositivos móviles: un estudio exploratorio” es dirigido por Mario Sánchez Aguilar. Este proyecto busca identificar y describir las prácticas de búsqueda de ayuda basadas en internet y dispositivos móviles que estudiantes universitarios actuales utilizan al estudiar matemáticas.

La búsqueda de ayuda es un elemento básico del proceso de aprendizaje de las matemáticas. ¿Qué estudiante no ha pedido ayuda a un compañero cuando tiene dudas relacionadas con sus clases de matemáticas?, ¿o a un familiar?, ¿o incluso consultado un libro de texto? A pesar de ser un elemento básico en el proceso de aprendizaje de las matemáticas, los estudios que abordan la búsqueda de ayuda en matemáticas siguen siendo escasos. Algunos de estos estudios se han enfocado en identificar los elementos afectivos que motivan a los estudiantes a buscar ayuda para la clase de matemáticas o a evitarla (Ryan y Pintrich, 1999), mientras que otros estudios han caracterizado los distintos comportamientos de búsqueda de ayuda que manifiestan los estudiantes (Kempler y Linnenbrink, 2006). Sin embargo, las prácticas de búsqueda de ayuda de los estudiantes contemporáneos están cambiando debido a la ubicuidad del internet y los dispositivos móviles, y poco se está estudiando al respecto. Una excep-

ción es el estudio de Van de Sande (2011), quien muestra cómo estudiantes de matemáticas de diferentes regiones del mundo utilizan foros abiertos en línea para encontrar ayuda matemática.

Este proyecto de investigación contribuirá a ampliar nuestro conocimiento sobre cómo los jóvenes hoy en día utilizan el internet y los dispositivos móviles como fuente de ayuda para sus clases de matemáticas. Algunos resultados preliminares relacionados con el uso de dispositivos móviles entre estudiantes de matemáticas universitarios se reportan en Aguilar y Puga (por aparecer).

PROYECTO SIP20141289

El análisis de la matemática escolar nos permite establecer un espacio de análisis, reflexión y comprensión sobre el trabajo desarrollado en el aula de clases por estudiantes y profesores, permitiéndonos identificar elementos característicos de la clase de matemáticas y con ello establecer propuestas metodológicas para este entorno escolar. En particular, el análisis de argumentos matemáticos presentes en los alumnos y profesores ha cobrado interés de diversos investigadores.

En esta línea de investigación se enmarca el proyecto “La argumentación como medio para el desarrollo de competencias matemáticas en la resolución de problemas”, dirigido por Apolo Castañeda Alonso, en el que se estudia la manera en que los estudiantes argumentan de manera escrita y oral ante una actividad matemática desarrollada en el aula de clase. La investigación se centra en identificar las regularidades presentes que ponen en práctica en un ambiente de argumentación.

La investigación se basa en los modelos vigentes aplicados para el análisis de argumentos, siendo notoria la relevancia del modelo de Toulmin en el campo de la argumentación matemática. Decidimos aplicar el esquema de argumentación de Toulmin (2003) como herramienta de análisis, porque este modelo que aparece en su obra *The Uses of Arguments*, difundida en 1958, ofreció un nuevo panorama frente al modelo clásico de la lógica formal y ha sido ampliamente utilizado en investigaciones de didáctica de las matemáticas. A partir de ello, se logró contar con antecedentes y referencias de investigaciones desarrolladas en esta área.

También se analizarán los modelos de resolución de problemas siendo un referente muy importante para nuestra investigación el modelo propuesto por Lester (2013), modelo que sirve de base para comprender las fases por las que

atraviesa un estudiante cuando resuelve un problema matemático, de esta manera motivar la argumentación de los estudiantes en las fases previas a la obtención de una representación matemática del problema.

INVESTIGACIÓN DE Y PARA EL AULA

La importancia de estas investigaciones, como puede observarse en las cinco síntesis de los proyectos actualmente en desarrollo, no radica solo en la investigación por sí misma, sino en la diversidad de temas abordados y en la participación de grupos de investigadores de diferentes unidades académicas del IPN y de instituciones externas. Finalmente, el objetivo de crear recursos humanos de alto nivel, buscado por el IPN, se cumple mediante la participación de estudiantes de maestría y doctorado (profesores de matemáticas en servicio) durante el desarrollo de los proyectos. Esto proporciona una invaluable experiencia profesional tanto para los alumnos como para los investigadores involucrados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M.S. y Puga, D.E. (por aparecer), "Mobile help-seeking in mathematics: An exploratory study with Mexican engineering students", en H. Crompton y J. Traxler (eds.), *Mobile Learning in Mathematics: Foundations, Design, and Case Studies*, Routledge.
- Chevallard, Y. (1999), "La recherche en didactique et la formation des professeurs: problématiques, concepts, problèmes", en J. L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot y R. Floris (eds.), *Actes de la X^e Ecole d'été de Didactique*, pp. 98-112, Houlgate, Francia, Académie de Caen.
- Fischbein, E. (1987), *Intuition in Science and Mathematics: An Educational Approach*, Dordrecht, Holanda, Reidel Publishing Company.
- Howson, A. G., J. P. Kahane, P. Lauginie y E. de Turckheim (eds.) (1988), *Mathematics as a Service Subject. ICMI Study Series*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Kempler, T. M. y Linnenbrink, E. A. (2006), "Helping behaviors in collaborative groups in math: A descriptive analysis", en S. Karabenick y R. Newman (eds.), *Help Seeking in Academic Settings: Goals, Groups, and Contexts*, pp. 89-115, Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates.

- Kent, P. (2007), "Learning Advanced Mathematics: The case of engineering courses. Contribution to the NCTM Handbook chapter: Mathematics thinking and learning at post-secondary level", en F. K. Lester (ed.), *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning: A Project of the National Council of Teachers of Mathematics*, pp. 1042-1051, Charlotte, Information Age Pub.
- Lester, F. K. (2013), "Thoughts about research on mathematical problem solving instruction", *The Mathematics Enthusiast*, vol. 10, núms. 1 y 2, pp. 245-278.
- Molina, J. G. y A. Oktaç (2007), "Concepciones de la transformación lineal en contexto geométrico", *RELIME*, vol. 10, núm. 2, pp. 241-273.
- Romo-Vázquez, A. (2014), "La modelización matemática en la formación de ingenieros", *Educación Matemática 25 años*, pp. 314-338.
- Ryan, A. M. y P.R. Pintrich (1999), "Should I ask for help? The role of motivation and attitudes in adolescents' help seeking in math class", *Journal of Educational Psychology*, vol. 89, núm. 2, pp. 329-341.
- Toulmin, S. (2003), *The Uses of Argument*, Nueva York, Cambridge University Press.
- Van de Sande, C. (2011), "A description and characterization of student activity in an open, online, mathematics help forum", *Educational Studies in Mathematics*, vol. 77, núm. 1, pp. 53-78.

AUTORES

Avenilde Romo Vázquez

CICATA-Legaria, IPN
aromov@ipn.mx

Alejandro Miguel Rosas Mendoza

CICATA-Legaria, IPN
alerosas@ipn.mx

Juan Gabriel Molina Zavaleta

CICATA-Legaria, IPN
jmolinaz@ipn.mx

Mario Sánchez Aguilar

CICATA-Legaria, IPN
marios@ruc.dk

Apolo Castañeda Alonso

CICATA-Legaria, IPN
acastane@ipn.mx