

PROBLEMÁTICA DE LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE Y EVALUACIÓN DEL CÁLCULO EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

M. Alvarado Arellano¹

J. O. Laguna Cortés²

V. Santacruz Vázquez³

RESUMEN

El aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas del cálculo en particular, presentan una de las mayores dificultades y retos para los profesores y estudiantes de ingeniería. La tendencia actual a reducir a procesos aritméticos y algorítmicos como el álgebra que sirve de soporte al aprendizaje del cálculo solo ha complicado más las cosas porque lleva a una descontextualización de la disciplina. Se hace entonces que los docentes del Instituto Tecnológico de Puebla (ITP), que imparten las asignaturas de cálculo diferencial y cálculo integral reflexionen sobre las características propias de la materia y su desarrollo de formación para los ingenieros. El análisis se desarrolló en el ITP, encontrando que las capacidades matemáticas en el estudiante no son desarrolladas o adquiridas durante su educación básica y media. Se realizó una prueba diagnóstica en 500 alumnos de nuevo ingreso. Los resultados concluyen que un alto porcentaje de los alumnos presentan un bajo desempeño en habilidades de pensamiento matemático, déficit de conocimientos, habilidades analíticas y lógicas. Concluyendo que la línea de investigación para resolver el problema de la deserción y el bajo desempeño educativo se debe de implementar una evaluación diagnóstica y un acompañamiento de una mentoría académica (par-par) en los alumnos de nuevo ingreso con perfiles de ingeniería que permitirá identificar sus capacidades, fortalezas y habilidades matemáticas.

ANTECEDENTES

Investigaciones realizadas desde la década de 1980 revelan que la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas constituyen uno de los problemas más significativos dentro de cualquier modelo educativo. Los niveles de promoción y repetición en los cursos de matemáticas tanto en la educación media como en los cursos universitarios son dos indicadores de esta problemática, cuya dimensión humana se encuentra ligada a la frustración tanto de los educandos como de los educadores, de ahí la importancia de ser analizados.

Frecuentemente, se asocia a las matemáticas con el “razonamiento correcto”, definido por la lógica aristotélica, y se dejan de lado los aspectos motivacionales y subjetivos del educando. Sin embargo, variables como la motivación, la afectividad, la imaginación, la comunicación, los aspectos lingüísticos y la capacidad de representación juegan un papel fundamental en la conformación de las ideas matemáticas en los estudiantes (Cantoral, 2002), aunque en general estos se han dejado de lado dificultando el aprendizaje de la disciplina.

Lo anterior, ha llevado a que las matemáticas se enseñen de manera masiva, descontextualizada y algoritmizada, lo que convierte su aprendizaje en un proceso formal, ligado a una serie de reglas, axiomas, postulados y teoremas, constituyendo estos aspectos un fin en sí mismo lejos de la realidad cotidiana.

¹ Catedrática. Instituto Tecnológico de Puebla del Tecnológico Nacional de México. maraare@yahoo.com

² Catedrático. Instituto Tecnológico de Puebla del Tecnológico Nacional de México. oscaroble@hotmail.com

³ Investigadora. Facultad de Ingeniería Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. versanva@gmail.com

En muchos casos tal aprendizaje se reduce a un nivel que roza con la aritmética gracias al uso de calculadoras, donde lo único que se vuelve importante es la obtención de un resultado matemático o de las respuestas a los ejercicios presentes en algún texto o propuestos por el docente, pero sin aplicación real alguna para el alumno.

Hoy en el ámbito pedagógico se manifiesta que la matemática ocupa un lugar de prioridad en el currículum educativo a nivel bachillerato y universitario, donde el estudiante debe desarrollar las capacidades de razonamiento y conceptualización necesarias para continuar sus estudios a nivel superior. No obstante, dichas capacidades en el estudiante no son desarrolladas o adquiridas, generando un déficit de conocimientos, habilidades analíticas, lógicas, matemáticas y cálculo en un gran número de casos la deserción escolar en disciplinas de ciencia y tecnología en la educación superior. Esta tendencia ha sido repetitiva en varias instituciones académicas lo que refleja un mal funcionamiento en el sistema educativo mexicano y que debe modificarse para permitir a México y a sus ciudadanos ser competitivos a nivel global.

La deserción escolar es un término relativamente moderno, cuya aparición fue precedida por algunos hechos entre los que se pueden destacar la obligatoriedad de la enseñanza, que obliga a personas muy diferentes tanto en clase social y cultural como en características individuales o familiares a asistir a las aulas, así como, la tecnificación y el interés político-económico que progresivamente ha ido alcanzando la educación de los ciudadanos.

Factores ó indicadores que generan un bajo desempeño y deserción estudiantil

Se han identificado varios factores que fomentan la deserción y bajo desempeño estudiantil entre ellos, los factores referentes al sistema educativo mexicano como planes y programas de estudios no aterrizados en los problemas reales, y un bajo desempeño por parte del docente.

Respecto a los planes y programas de estudios desde un punto de vista netamente curricular, los contenidos impartidos en las asignaturas de matemáticas, deben concebirse como esenciales, que requieren comprensión en profundidad por parte de los docentes y estudiantes. Considerando su utilidad a futuro y no sólo como un cúmulo de temas que deben ser enseñados, aprendidos y aprobados para avanzar a un nivel siguiente (Rico, 2004). Sin embargo, la experiencia de aula en la universidad da señales claras de la distorsión del deber ser de la educación matemática preuniversitaria.

Otro factor es la aplicación de las diferentes teorías educativas en la enseñanza de las matemáticas. Diversas teorías hablan del comportamiento humano, las teorías sobre el aprendizaje que tratan de explicar los procesos internos cuando aprendemos, ejemplo, la adquisición de habilidades intelectuales, la adquisición de información o conceptos, las estrategias cognoscitivas, destrezas motoras o actitudes, entre ellas se encuentra la teoría conductista y cognitivista.

La teoría conductista se encuentra vigente en la enseñanza de las matemáticas, donde se observa una enseñanza sin sentido, desconectada de la realidad inmediata del preuniversitario. Según Rivas (2005), el desenvolvimiento del docente en matemática,

enmarcado en la tendencia conductista, es despreocupado y arrogante con relación a los estudiantes con poca o nula interacción con los estudiantes.

A diferencia de la teoría conductista, en la teoría cognitivista, el modelo de enseñanza se subordina al aprendizaje del alumno y en este sentido se orienta la actuación y mediación del profesor (Román y Diez, 1990). Dentro de este paradigma, la conducta en la vida y en el aula es una consecuencia de la cognición. Y se centra en desarrollar los procesos de pensar y facilitar la adquisición de conceptos, principios, procedimientos y técnicas, y crear así, actitudes y valores que orienten y dirijan la conducta. La corriente constructivista que toma como base el aprendizaje por descubrimiento y currículum en Espiral de Jerome Bruner y la teoría de desarrollo próximo o potencial de vigotsky, todas ellas con principios pedagógicos diametralmente opuestos a lo planteado desde y dentro del conductismo.

El constructivismo postula la existencia y prevalecencia de procesos activos en la construcción del conocimiento, y habla de un sujeto cognitivo aportante, que claramente rebasa a través de su labor constructiva lo que le ofrece su entorno. La enseñanza constructivista no se basa en diseñar ejercicios, sino en diseñar entornos sociales de aprendizaje y alfabetización matemáticas, de diseñar un aula compleja, emocionante y especulativa.

Dichas teorías se ven aplicadas en el estilo de motivación del profesor de la asignatura hacia sus estudiantes y sus implicaciones directas en el desempeño matemático.

El informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), sobre el fracaso escolar destaca tres manifestaciones diferentes de este fenómeno, una de ellas se refiere a los alumnos con bajo rendimiento académico; otra comprende a los alumnos que abandonan o terminan la educación obligatoria sin la titulación correspondiente y, una tercera, se refiere a las consecuencias sociales y laborales en la edad adulta de los alumnos que no han alcanzado la preparación adecuada. También, las políticas educativas del sistema escolar presentan fallas importantes, entre ellas “programa de cero reprobados” implementado en 2012, programa que es aplicado a nivel preescolar, primaria y secundaria consistente en que ningún alumno puede reprobado a pesar de su bajo aprovechamiento y compromiso académico en la asignatura (OCDE, 2000).

Indicadores del fracaso

Lo más habitual en la mayoría de los estudios, es utilizar como indicadores del fracaso escolar, la repetición de cursos o los suspensos continuos en varias asignaturas, es decir, actualmente, lo que se ha denominado fracaso escolar parcial, expresión más clara de bajo rendimiento. Pochulu (2005) afirma que el fracaso podría agruparse en tres grandes líneas:

Fracaso en la escuela, considerando las causas socio cultural que se encuentran relacionadas con el fracaso escolar o el bajo rendimiento que presentan los alumnos que obtienen bajo rendimiento, en comparación con los que no tienen problemas para superar sus años de estudio.

Fracaso de la escuela, en la cual, se evidencia una mala adaptación a la evolución de la sociedad, atribuyendo la responsabilidad del fracaso escolar al aparato escolar, eximiendo al sujeto y a sus circunstancias.

Y la tercera línea es el *fracaso por la escuela*, en la cual, hace referencia a las teorías que se centran en la inserción laboral y profesional de los alumnos tras su escolarización, es decir, proponen relaciones entre el fracaso escolar y la exclusión social.

El objetivo de este trabajo es identificar algunos de los factores o variables que generan un bajo desempeño o deserción estudiantil en los cursos de matemáticas básicos, en el departamento de ciencias básicas del Instituto Tecnológico de Puebla. Realizando análisis cuantitativos, estadísticos y aplicando el uso de las TIC's con mentores académicos (par-par) que son estudiantes de semestres avanzados que ayudan al alumno a tomar asesorías.

METODOLOGÍA

Se planteó la hipótesis que la institución debe proveer de un acompañamiento académico de mentoría para tratar de resolver las deficiencias en el área de matemáticas, de los alumnos de recién ingreso que cursan las licenciaturas de Ingeniería.

La metodología consistió en 2 etapas, la primera etapa basada en la aplicación de una evaluación diagnóstica en los alumnos de nuevo ingreso con perfiles de ingeniería que permitió identificar las fortalezas y debilidades en sus habilidades matemáticas. Se realizó un análisis cuantitativo del semestre agosto-diciembre 2018, en una muestra de 500 alumnos inscritos de las carreras de ingeniería, el 55% fue del sexo masculino y el 45% fue del sexo femenino y cuentan con una edad promedio de 19 años.

En el examen se tomaron en cuenta varios temas preuniversitarios de matemáticas para determinar la habilidad y pensamiento matemático de cada alumno de nuevo ingreso. Se diseñaron reactivos de aritmética, álgebra y cálculo diferencial. Para ello, se realizaron diferentes reactivos, los cuales fueron subidos en las plataformas Edmodo y Google classroom.

La segunda etapa consistió en la implementación de un programa de acompañamiento denominado mentoría académica (par-par) cuyos actores fueron los mentores alumnos de semestres avanzados con habilidades matemáticas y comunicativas y los mentorados aquellos alumnos con series deficiencias que fueron identificados en la etapa anterior. Para facilitar el desarrollo de este modelo, se establecieron inicialmente una serie de pasos que definirán el marco global de actuación, a modo de guía de comportamiento, atendiendo a las funciones de los participantes, la relación entre ellos, etc.

Los pasos fundamentales a seguir son las siguientes:

- ✓ Las funciones del alumno mentor se ajustan exclusivamente a las descritas en los objetivos, en cuanto a orientación y ayuda, preservando y respetando la intimidad del alumno dirigido.
- ✓ El alumno dirigido (o mentorizado) no es “propietario” de un alumno mentor, la relación en el marco de este modelo es estrictamente académica.
- ✓ La participación del alumno dirigido es totalmente voluntaria.

- ✓ El profesor tutor es el encargado de supervisar el correcto funcionamiento de los grupos mentor/alumnos (par-par) dirigidos que estén a su cargo y de solucionar o comunicar a los coordinadores del Instituto los problemas que se planteen.

Reclutamiento y formación de mentores

El alumno mentor se recluta a partir del segundo semestre o semestres avanzados. Cada mentor fue seleccionado por medio de encuestas de profesores que imparten las materias de matemática en el departamento de ciencias básicas, a partir de su *curriculum vitae*, además de una breve encuesta vía web que perfila los rasgos principales de su disposición a la actividad, y una entrevista personal por parte de los profesores coordinadores del modelo de mentoría. Esto, con el fin de conocer mejor su capacidad de relación, su visión del panorama estudiantil y sus expectativas de liderazgo.

La formación de los mentores resulta clave para un buen funcionamiento de los procesos de mentoría en el Instituto Tecnológico de Puebla y en ella, se aporta al mentor los conocimientos y habilidades que necesita para atender y apoyar a sus compañeros.

Dentro del método de mentoría la parte teórica de la asignatura taller de formación de alumnos mentores (10 horas a la semana), intenta cubrir ese período formativo, favoreciendo la adquisición de los recursos y conocimientos que el mentor precisa para desempeñar su labor social y de liderazgo.

RESULTADOS

De acuerdo con la hipótesis establecida, se realizaron los siguientes estudios a los alumnos de la institución. Observando el comportamiento en las diferentes materias de matemáticas como: aritmética, álgebra y cálculo diferencial, cuyos resultados no fueron satisfactorios.

El dominio de las habilidades aritméticas expresada en porcentaje (%) fue evaluado en 500 alumnos. Las habilidades aritméticas fueron a) múltiplos y submúltiplos con un 72% mientras que, en la habilidad, b) expresión algebraica tiene un 62% (Figura 1).

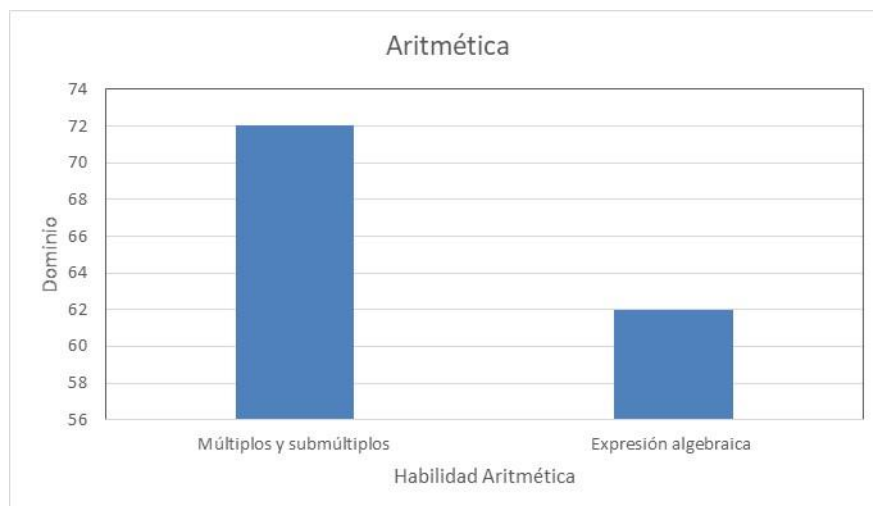


Figura 1. Resultados en porcentaje de la evaluación en aritmética
Elaboración propia, semestre agosto-diciembre 2018

Mientras que las habilidades algebraicas presentaron resultados significativamente menores. Se consideró a) notación científica con un 30%, b) exponentes y radicales con un 18%, c) factorización con un 10% y d) variables y expresiones algebraicas con un 15% (Figura 2).

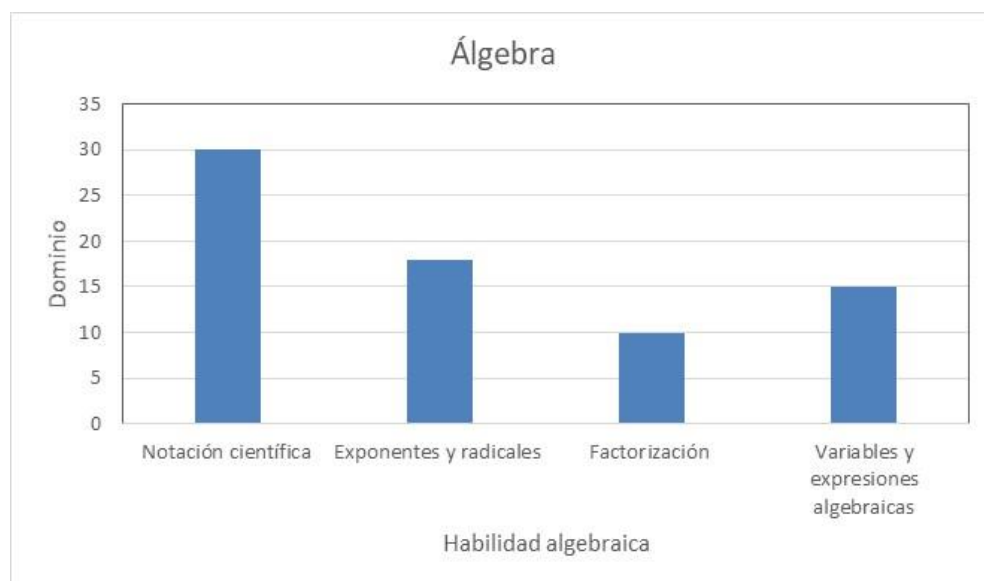


Figura 2. Resultados en porcentaje de la evaluación en álgebra
Elaboración propia semestre agosto-diciembre 2018

Observamos en la Figura 3, que los alumnos de nuevo ingreso no manejan bien el cálculo diferencial en desigualdades con un 30%, en límites con un 18% y en derivadas de funciones con un 28%.

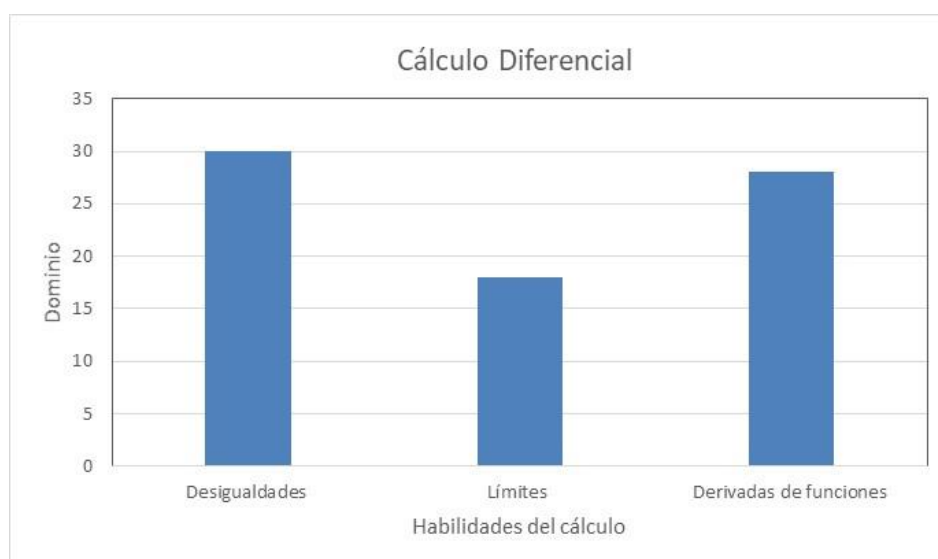


Figura 3. N Resultados en porcentaje de la Evaluación en cálculo diferencial
Elaboración propia semestre agosto-diciembre 2018

En la Tabla 1 se anexan los porcentajes de la población de los 500 alumnos evaluados en el semestre agosto –diciembre 2018. Si fueron suficientes.

Tabla 1. *Resultado por pregunta en porcentaje*

Materia	Pregunta	Suficientes (%)	Insuficiente (%)
Aritmética	1	72	28
	2	62	38
Álgebra	3	30	70
	4	18	82
	5	10	90
	6	15	85
Cálculo diferencial	7	30	70
	8	18	82
	9	28	72

Fuente: Elaboración propia semestre agosto-diciembre 2018

Los resultados denotan que una gran mayoría de los alumnos de nuevo ingreso a las instituciones de educación superior presentan serias deficiencias, siendo evidente la implementación del programa de mentoría académica par-par para regularizar a los alumnos.

Y se considera la necesidad de la implementación del programa de mentoría académica (par-par), que permite a los alumnos de nuevo ingreso con debilidades en conocimientos matemáticos identificados en la fase diagnóstica, puedan ser nivelados en dichos conocimientos para la adquisición o afianzamiento de conocimientos matemáticos, los cuales se suponen son cursadas con anterioridad en el nivel medio superior y que, se consideran imprescindibles para un correcto seguimiento de las asignaturas del nivel básico de la licenciatura.

La implementación del programa de mentoría académica (par-par) es una posible propuesta de acompañamiento en los estudiantes de nuevo ingreso para potencializar las habilidades de los estudiantes de nuevo ingreso para las instituciones principalmente en el instituto.

El programa de mentoría académica par-par es grupo de trabajo de alto desempeño con estudiantes de semestres avanzados comprometidos socialmente que se han orientado en

diferentes actividades propicias para generar escenarios de aprendizaje significativos en las asignaturas básicas: solución de problemas, asesorías, cursos de capacitación entre otros.

Actualmente, existe un grupo de alumnos que trabajan arduamente y que son preparados por maestros de diferentes disciplinas como matemáticas, física y química, para concursar en las diferentes convocatorias anuales internas y externas al departamento de ciencias básicas, pero no hay un programa de mentoría académica formal en la institución que guíe a los alumnos con déficit de conocimientos desde el primer semestre hasta su terminación de la carrera. Es por eso, la necesidad de la implementación de ese programa que generará para los alumnos del instituto un beneficio de regularización de conceptos y habilidades matemáticas, que conduzca a un desempeño medio o superior en su tronco inicial y, con ello, se consolide el conocimiento para el desarrollo en los semestres avanzados. De forma que, al cursar sus asignaturas del nivel terminal o sus residencias profesionales puedan aplicar sus conocimientos en proyectos de trabajo y de vida exitosos.

En dicho programa de mentoría (par-par) es deseable que los alumnos mentores fomenten las habilidades aritméticas, algebraicas y de cálculo diferencias, así como, una capacitación del manejo de las plataformas educativas de acceso gratuito como Edmodo y Google classroom, dado que algunos alumnos no fueron capaces de ingresar por sí mismos.

CONCLUSIONES

El fracaso por parte de muchos estudiantes en los cursos de matemática introductoria a nivel universitario, y particularmente, de cálculo se puede considerar relacionado con el abordaje que los docentes han hecho al respecto, particularmente, en la secundaria, de los tópicos de álgebra, ya que los estudiantes que ingresan a las universidades han pasado previamente por niveles educativos que han incidido en su forma de cómo ver, aproximarse trabajar en matemáticas.

No se debe, por tanto, de manera simplista y exclusiva, acusar a los estudiantes como los únicos o principales responsables de no contar con los conocimientos previos o de ser incapaces de comprender el manejo de los conceptos en matemáticas y cálculo. En todo caso, ellos son producto de un proceso que algebrizó el cálculo, y aritmetizó el álgebra donde, por transitividad, el cálculo ha terminado siendo una extensión de la aritmética.

Por otra parte, un aprendizaje de las matemáticas y, por ende, del cálculo visto como una extensión del álgebra, la cual a su vez es considerada como una extensión de la aritmética, ligada, generalmente, a un uso indiscriminado de las calculadoras, posibilita que el cálculo termine siendo visto como el resultado de una correcta manipulación de fórmulas, en un marco de descontextualización de las matemáticas, contradiciendo el quehacer mismo del cálculo.

Las dificultades de orden semántico y representacional, derivadas de la algebrización y aritmetización del cálculo, en el caso de la Ingeniería, constituyen serias limitantes para el ejercicio profesional. Estos procesos potencian un aprendizaje sin comprensión, al centrar los esfuerzos de los educandos en la obtención de soluciones (como un fin en sí mismo) e ignorar los aspectos cognitivos y socio-afectivos, haciendo que el aprendizaje del cálculo no contribuya al desarrollo del educando que estudia Ingeniería.

Para la identificación de los factores que influyen significativamente en la deserción escolar se realizarán pruebas diagnósticas en semestres consecuentes, su interpretación y, finalmente, se aplicará un análisis estadístico a los datos obtenidos. Así como, se propondrá en el Instituto la implementación del programa “mentoría académica par-par”, consistente en proceso colaborativo de enseñanza, ayuda psicológica, elevación de autoestima y reforzamiento de conceptos matemáticos, que será implementado por maestros de las asignaturas, alumnos destacados en dichas asignaturas y directivos, todo ello para coadyuvar en un mejor rendimiento y disminución de la deserción en los alumnos que ingresan a las licenciaturas de Ingeniería y con ello cumplir con los perfiles establecidos por las Instituciones acreditadoras de la educación superior.

BIBLIOGRAFIA

- Cantoral, R. (2002). Enseñanza de la matemática en la educación superior. *Revista Sinéctica*, núm. 19. Recuperado de: <https://sinectica.iteso.mx/index.php/SINECTICA/article/view/359/352>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2000). *Aptitudes básicas para el mundo del mañana*. OECD - Instituto de Estadística de la Unesco. Recuperado de: <http://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/PisaExecSumEspanol.pdf>
- Pochulu, M. (2005). Análisis y categorización de errores en el aprendizaje de la matemática en alumnos que ingresan a la universidad. *Revista Iberoamericana de Educación*. Recuperado de: <http://www.rieoei.org/deloslectores/849Pochulu.pdf>
- Rico, L. (2004). Reflexiones sobre la formación inicial del profesor de matemáticas de secundaria. Profesorado. *Revista de currículum y formación del profesorado*, 8(1), pp. 1-15. Recuperado de: <http://funes.uniandes.edu.co/527/>
- Rivas, P. (2005). La educación matemática como factor de deserción escolar y exclusión social. *Revista Educere*. Vol. 9(29), pp. 165-170. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/356/35602904.pdf>
- Román, M. y Diez, E. (1990). *Currículo y Aprendizaje: un modelo de diseño curricular de aula en el marco de la Reforma*. (2da. Edición). Madrid: Itaka.