

Un paso en la superación de las dificultades en el aprendizaje de la matemática en las carreras de ingeniería.

A step in overcoming the difficulties in learning mathematics in engineering careers.

Recibido 24 Agosto de 2019
 Aceptado 16 Septiembre de 2019

www.unipaz.edu.co

Dr. Jaime Corena Parra.

Resumen: Es conocido el mutuo progreso en el desarrollo de la matemática y la ingeniería. También es conocida la importancia actual de estos dos campos del conocimiento para favorecer el desarrollo humano, en especial en nuestros países que tanto lo necesitan. No obstante eso, las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas en los programas de ingeniería no se superan; una gran mayoría de los estudiantes reprueban los cursos de matemática o los aprueban de forma no significativa, con todas las consecuencias que ello causa en la vida de los estudiantes y la sociedad. La enseñanza hasta ahora poco hace para superar esa situación. Aquí mostramos que un primer paso para tratar esta vieja anomalía es identificar las dificultades en el aprendizaje de la matemática y emprender un programa conjunto de cambio didáctico que incluye la evaluación y de reflexión de los estudiantes sobre su propio aprendizaje (metaaprendizaje). **Palabras Clave:** Dificultades de aprendizaje, cambio didáctico, problemas de interés, evaluación y metaaprendizaje.

Abstract: The mutual progress in the development of mathematics and engineering is known. The current importance of these two fields of knowledge to promote human development is also known, specially in our countries that need it so much. However the difficulties in learning programs are not overcome; a large majority of students fail math courses or pass them in a non-significant way, with the consequences that this causes in the lives of student and society. Teaching so far does little to overcome that situation. Here show that a first step in dealing with this old anomaly is to identify the difficulties in learning mathematics and to undertake a joint program of didactic change that includes the evaluation and reflection of students on their own learning (meta-learning). **Keywords:** Learning difficulties, didactic change, interest problems, evaluation and meta-learning.

Es inocultable: los resultados en el aprendizaje de las matemáticas en los primeros cursos de ingeniería en la universidad no son los mejores; ello ocurre de forma continua en una sociedad que requiere de este saber para su desarrollo o buen vivir (CRES, 2008)

INTRODUCCIÓN: elementos de la situación problemática.

Al culminar los primeros cursos de matemáticas de las carreras de Ingeniería, es común escuchar de la docencia que muchos estudiantes no los aprobaron. Es más, varios estudiantes no los aprueban al ver los cursos por segunda o tercera vez. El hecho de la reprobación de materias de ciencias y matemática a todo nivel escolar, es de sobra conocido y registrado por la investigación didáctica (Gil et al., 1991, Corena, 2005a). En varias universidades la reprobación en matemática alcanza hasta cifras del 90% por curso (Capace, 2008) y es causa de la deserción escolar de muchos estudiantes, con las consecuencias sociales que ello genera.

^a. MSc. Daniel Alejandro González Ortiz.

^b. MSc. Jhon Alexander Gomez Muñoz.

^c. MSc. Ángela Martínez Marciales.

^d. MSc. Monica Johanna Sotelo Zarate.

† danielboone1734@gmail.com

Ante la gravedad de esta situación, un sector de la comunidad docente responde usualmente con la auto-exculpación. Los docentes del primer curso de matemáticas dicen que los precarios resultados en el aprendizaje de los estudiantes, se debe a que ellos y ellas vienen mal preparados de la secundaria o poco se interesan por esta disciplina clave para el estudio de la ingeniería. Y los docentes de los cursos subsiguientes argumentan que vienen mal preparados del curso o los cursos anteriores.

Es claro, que la docencia universitaria poco reflexiona sobre la identificación de las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas y sus precarios resultados en los primeros cursos de ingeniería, como tampoco sobre el tipo de enseñanza que influye en la permanencia de éstos. Por otra parte, empleando palabras de Capace (2008), los estudiantes que aprueban luego presentan serias dificultades al enfrentar problemas de ingeniería expresadas en la identificación del modelo matemático que rige la situación problemática, la selección de las herramientas matemáticas adecuadas al modelo y la poca destreza para manejar esas herramientas. Situación que es adversa al futuro del ejercicio profesional en ingeniería que requiere de las matemáticas para fines de hacer proyectos.

Por lo expresado en el párrafo anterior e intentando superar las consideraciones intuitivas de la docencia sobre los escasos logros de los estudiantes universitarios en el aprendizaje de las matemáticas, hay que penetrar en su esencia y buscar respuestas a la siguiente cuestión:

¿Cuáles son las dificultades que más se presentan en el aprendizaje de la matemática en los primeros cursos universitarios de ingeniería, qué responsabilidad le compete a la enseñanza en la

permanencia de esta situación y cómo empezar a superarla?

Esta es una cuestión que justifica su abordaje en la educación matemática universitaria actual en Ingenierías en los países latinoamericanos, pues es conocido el mutuo progreso, que ha acompañado a ambas disciplinas desde hace centurias (Capace, L; 2015). La ingeniería es una fuente de problemas reales para la matemática y ésta a su vez le entrega modelizaciones y herramientas para resolverlos.

2. Identificación de algunas dificultades en el aprendizaje de la matemática en los primeros cursos de ingeniería.

Teniendo en cuenta el drama de los precarios resultados en el aprendizaje de las matemáticas en los programas de ingeniería y con apoyo en la investigación didáctica que considera a la Universidad como uno de sus lugares privilegiados (Martínez T. et al., 2002), se quiso obtener en el momento del inicio de un curso de Matemáticas II (cálculo diferencial) en un programa de ingeniería durante el semestre A de 2019, algunas luces para abordar la cuestión planteada al final del apartado anterior, para ello se buscó identificar algunas dificultades en el aprendizaje de las matemáticas con las cuales llegan los estudiantes al momento de iniciar un curso de cálculo diferencial y cómo empezar a tratarlas.

En los primeros días de febrero de 2019 al iniciar el semestre académico A en UNIPAZ, Barrancabermeja, se decidió aplicar una herramienta didáctica, el cuestionario diagnóstico, para poner a los estudiantes de segundo nivel de Ingeniería Agronómica e Ingeniería Agroindustrial, acorde con Mendible

(2015), en un contexto problemático, cercano a aquel en el cual se desempeñarían como profesionales y valorar sus dificultades en el aprendizaje. Varios docentes de Ingeniería agronómica de UNIPAZ adscritos al grupo de investigación INYUBA reconocido por Colciencias, estuvieron de acuerdo a principios de febrero 2019 con esta idea de Mendible. Dos de ellos, los docentes Gónzales y Castillo, dijeron:

“Pensamos y eso a partir de nuestra practica en agronomía que los estudiantes se interesarían por el uso de las matemáticas y la aprenderían más cuando enfrenten problemas similares a los que encontrarán en su futuro profesional.”

Es preciso señalar que los estudiantes de cálculo diferencial recién provienen del aprendizaje de las matemáticas básicas en el primer nivel de su carrera. Por ello el contenido del cuestionario-diagnostico explora las dificultades en el aprendizaje que sobreviven en los estudiantes después de obtener el título de bachiller en la educación secundaria y aprobar el curso inicial en la universidad.

Con la resolución de los tres primeros ejercicios del cuestionario se busca saber si los y las estudiantes hacen o no análisis cualitativos de la situación que enfrentan y muestran o no como hacen un modelo de la misma para emplear las herramientas matemáticas adecuadas al uso del modelo y proceden o no con destreza en su manejo.

Con la resolución de los tres últimos ejercicios se busca saber si los y las estudiantes conocen algunas formas geométricas comunes y sus magnitudes, que luego serían empleadas en la resolución de algunos problemas que relacionan la ingeniería con el cálculo diferencial y si han aprendido a hacer conversiones entre magnitudes cuyo uso es común en ingeniería.

Diseño de una herramienta didáctica para identificar y ayudar a tratar dificultades en el aprendizaje de las matemáticas.

El cuestionario-herramienta de este trabajo quedo configurado así:

Cuestionario inicial de resolución de seis ejercicios de matemáticas para estudiantes de ingeniería agronómica e ingeniería agroindustrial en UNIPAZ, Barrancabermeja, al iniciar el semestre A de 2019.

1. Un lote sembrado de plantas de limón tiene una superficie rectangular de 100 mts de largo y 10 de ancho más un área construida sobre uno de los anchos del rectángulo bajo la forma de un triángulo isósceles, cuyos lados miden cada uno 8 metros.
 - a. Cuál es el área total que ocupa el cultivo de limón.
 - b. Según las mejores orientaciones de los cultivos de diferentes especies por unidades de área, diga cuántas plantas de limón adecuadamente alineadas caben en este lote.
2. En una finca hay dos tanques elevados para guardar y distribuir agua para riegos. Uno tiene forma cilíndrica y el otro forma de cubo. Los dos tanques tienen la misma capacidad de 20 metros cúbicos. Cuánto vale cada lado del tanque de forma cubica y cuánto la altura del tanque de forma cilíndrica, si el diámetro de su base es de 2 metros.
3. La ecuación $y=7x$, relaciona la cantidad (x) de horas trabajadas al día por un agricultor y la remuneración (y) recibida a destajo en pesos- horas trabajadas. El máximo número de horas de trabajo permitidas por persona y por día es de ocho (8). El valor 7 corresponde al pago ideal en miles de pesos por cada hora trabajada. Representa gráficamente esta relación.
4. Cuál es el volumen de un cilindro inscrito en un cubo de volumen igual a 1000 metros cúbicos. La

base del cilindro es de diámetro igual a la longitud de un lado del cubo, lo mismo que su altura.

5. Convertir a litros 18 metros cúbicos.

6. Si se siembra una planta de citronela por metro cuadrado. ¿Cuántas plantas se sembrarían en tres (3) hectáreas?

Identificar las dificultades de los y las estudiantes al intentar resolver este cuestionario es clave para favorecer en los propios estudiantes la reflexión sobre éstas y cómo superarlas (metaaprendizaje).

Aplicación del cuestionario.

El curso de matemáticas II en el cual se aplicó la herramienta estaba conformado por ocho (8) estudiantes, menores de 22 años de edad y la duración prevista de la actividad fue abierta.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Primer ejercicio: *Un lote sembrado de plantas de limón tiene una superficie rectangular de 100 mts de largo y 10 de ancho más un área construida sobre uno de los anchos del rectángulo bajo la forma de un triángulo isósceles, cuyos lados miden cada uno 8 metros. a.Cuál es el área total que ocupa el cultivo de limón. b. Según las mejores orientaciones de los cultivos de diferentes especies por unidades de área, diga cuántas plantas de limón adecuadamente alineadas caben en este lote.*

Los dos (2) estudiantes que intentaron resolver este ejercicio no verbalizaron por escrito un análisis

de la situación, no la modelaron, ni anunciaron como resolverla; tuvieron como dificultad la realización del cálculo de la parte del área total del terreno correspondiente a la forma del triángulo isósceles, debido, como se supo luego en la socialización de estos resultados, al olvido de su geometría y en conexión con ello a la ausencia de la selección de una herramienta matemática para hallar su área. Por eso no pudieron abordar la parte (b) del ejercicio. Sólo un estudiante calculó el número de plantas que cabrían en el área rectangular del terreno. Los seis (6) restantes abandonaron.

Segundo ejercicio. *En una finca hay dos tanques elevados para guardar y distribuir agua para riegos. Uno tiene forma cilíndrica y el otro forma de cubo. Los dos tanques tienen la misma capacidad de 20 metros cúbicos. Cuánto mide cada lado del tanque de forma cubica y cuánto la altura del tanque de forma cilíndrica, si el diámetro de su base es de 2 metros.*

Dos (2) estudiantes intentaron resolver la totalidad de esta cuestión sin verbalizar por escrito cuales son los modelos matemáticos del cilindro y el cubo como formas de volúmenes que contienen el agua para riegos, aunque si procedieron, a escribir en el papel y en sus propias palabras, <las formulas>, a partir de las cuales igualaron los volúmenes del cubo y el cilindro a 20 metros cúbicos. Ninguno de los dos seleccionó la raíz cubica como herramienta para hallar el valor del lado del cubo. Ninguno escribió el procedimiento para hallar el volumen del cubo como el producto del área circular de su base por su altura. Por lo tanto no llegaron a decir cuál era el valor de ésta. Los seis (6) restantes abandonaron.

Tercer ejercicio. *La ecuación $y=7x$, muestra la relación entre la cantidad (x) de horas trabajadas al día por un agricultor y la remuneración (y) recibida a destajo en pesos por las horas trabajadas. El máximo número de horas de trabajo permitidas por persona y por día es de ocho (8). El valor 7 corresponde al pago ideal en miles de pesos por cada hora trabajada. Representa gráficamente esta relación.*

Solo dos estudiantes intentaron resolver este ejercicio, pasando directamente a hacer la gráfica en el primer cuadrante de los ejes cartesianos x e y , pero sin hacer ninguna consideración sobre las relaciones entre las cantidades o *magnitudes*. Los seis (6) restantes abandonaron.

Cuarto ejercicio. *Cuál es el volumen de un cilindro inscrito en un cubo de lado igual a 10 metros. La base del cilindro es de diámetro igual a la longitud de un lado del cubo, lo mismo que su altura.*

Sólo dos (2) estudiantes intentaron resolver este ejercicio, pero sin decir que significa un cuerpo inscrito en otro. Por lo tanto tuvieron dificultad para relacionar las magnitudes del volumen del cilindro inscrito con las del cubo que lo contiene. Los seis (6) restantes abandonaron.

Quinto ejercicio. *Convertir a litros 18 metros cúbicos.*

Cuatro estudiantes relacionaron un metro cubico con su equivalente en litros y procedieron a realizar la conversión aplicando la herramienta de la multiplicación. Cuatro (4) estudiantes abandonaron la prueba sin intentar resolver ningún ejercicio.

Sexto ejercicio. *Si se siembra una planta de citronela por metro cuadrado. ¿Cuántas matas se sembrarían en tres (3) hectáreas?*

Tres estudiantes intentaron resolver esta pregunta, estableciendo una relación entre el número de plantas de citronela que cabrían en una hectárea (10.000 metros cuadrados) y luego con el número que cabrían en un total de tres hectáreas (30 mil metros cuadrados). Los cinco (5) restantes estudiantes abandonaron.

Resumen de los resultados.

Cuatro estudiantes abandonaron la resolución de los problemas del cuestionario al poco tiempo de tenerlo en sus manos; ninguno de éstos pidió la oportunidad de intentar resolverlo en casa y luego traerlo a revisión en la próxima clase; en tal sentido no mostraron actitudes favorables al aprendizaje.

Ello como se supo días después en la socialización de la resolución de los ejercicios del cuestionario con la mediación del docente, tiene que ver quizá con la idea de considerar las evaluaciones como terminales y su realización sujeta a una medida cerrada de tiempo.

De esta forma quedó en evidencia, la idea la vieja evaluación como un proceso rutinario de acierto o fracaso para nada abierto y flexible, contrario al proceso PRE-MEDIACIÓN-POST que favorece el aprendizaje significativo de los estudiantes. Este proceso hoy todavía es extraño tanto a la docencia, como a los sujetos del aprendizaje. Este mismo, en términos de Goncalvez, S. (2011), permite que los estudiantes reflexionen sobre el aprendizaje logrado y se dispongan a superar las dificultades individuales y colectivas en éste detectadas, a través de estrategias adecuadas.

De otra parte el escaso aprendizaje teórico y procedimental, evidenciado en la ausencia de

intentos para modelar una situación problemática en la relación ingeniería-matemáticas, tiene que ver con el operativismo ciego (Gil et al., 1991) que todavía prevalece en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas. No es sino revisar la libreta de apuntes de Matemáticas de los estudiantes para comprobar que no se verbaliza por escrito el análisis de una situación problemática y la búsqueda de la interrelación de los elementos de la misma como un modelo que opera bajo algunas condiciones reinantes, bajo el cual proceder a la búsqueda de su resolución.

Vistos estos primeros resultados, cabe señalar que las dificultades son inherentes al conjunto del proceso de enseñanza-aprendizaje y no solo a la mala preparación de los estudiantes en cursos anteriores. Y ello nos orienta a

3. Un paso para favorecer el aprendizaje de la matemática en los primeros cursos de ingeniería.

Luego de conocidos los resultados de la aplicación del cuestionario se hizo la socialización de los mismos con los estudiantes, siguiendo tres elementos de trabajo.

1. El primer elemento lo constituye la propia reflexión de los estudiantes sobre las dificultades en su aprendizaje de las matemáticas, que no son sólo dificultades en el Saber y el Saber hacer, sino también en el desarrollo de actitudes favorables al aprendizaje de las matemáticas (el Saber Ser) como una disciplina necesaria para el tratamiento de problemas de ingeniería. Este proceso de metaaprendizaje (Corena, 2019), fue considerado por el conjunto de los estudiantes del curso como novedoso y motivante

para seguir aprendiendo las matemáticas para su formación profesional.

2. El segundo elemento lo constituye la reflexión sobre las dificultades encontradas en un caso concreto de la resolución de un cuestionario-diagnostico, como el aplicado al inicio del curso de Matemáticas II, resuelto en clase con el apoyo del profesor, en este caso, cuatro (4) días después de realizado el primer intento.

En la libreta de apuntes de los estudiantes se observan algunos progresos en el registro verbalizado de las modelizaciones de una situación problemática, en la selección de una herramienta matemática para resolverla y en el uso de destrezas para manejar las herramientas.

3. El tercer elemento se refiere a crear una situación contextualizada de la relación matemáticas-ingeniería, como lo proponen Trejos et al. (2013), dónde se prosiga con el empleo de lo aprendido (teórico, procedimental y actitudinal) al resolver en un segundo intento el cuestionario-diagnostico con el apoyo del profesor, obteniendo con ello motivación por lo aprendido.

Estos elementos, como expresiones de un cambio didáctico, se pusieron en escena en la primera parte de la clase que tuvo lugar, como ya se dijo, cuatro (4) días después que los estudiantes intentaron resolver sin éxito el cuestionario diagnóstico. La segunda parte de la clase según el resumen de dos estudiantes participantes se realizó:

“Con mucha atención hacia el tema tratado, en este caso, el de la representación gráfica de funciones y alta motivación por su aprendizaje, pues las clases se destinan a favorecer la superación de dificultades,

tanto por parte del profesor, como también por los propios estudiantes”.

En suma los estudiantes asumen con buena actitud el cambio didáctico que propone la docencia, que incluye la evaluación, pues éste favorece el aprendizaje significativo de la matemática.

BIBLIOGRAFÍA.

Capace, L (2008). *La integral en una variable real en la formación técnica universitaria: dimensiones presentes en el proceso en el proceso de enseñanza y aprendizaje*. Tesis doctoral. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Maracay.

Capace, L (2015). *La enseñanza de la matemática en Ingeniería*. En: Investigaciones en educación matemática. Aportes desde una unidad de investigación. José Ortiz y Martha Iglesias (compiladores). P108-119. Universidad de Carabobo. Maracay.

Corena P, J. (2005a). *Enseñanza de materias tecnocientíficas en la Universidad. Análisis crítico y propuesta para desarrollar su enseñanza como actividad de investigación*. Tesis doctoral, Universidad de Valencia, Valencia.

Corena P, J (2019). *Avances en la aplicación de una herramienta de reflexión de los estudiantes universitarios sobre su propio aprendizaje de competencias en materias de ciencias y tecnociencias*. En proceso de publicación con respaldo del grupo de investigación INYUBA de UNIPAZ.

CRES (2008). *Declaración final de la conferencia regional de Educación Superior en América Latina*. Cartagena de Indias. 2008

Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. y Martínez, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.

Goncalvez Diez, S. (2011). *La reflexión sobre el proceso de aprendizaje propio: estrategias para favorecerla*. Unives, Girona.

Martinez Torregrosa, J., Gil, D. y Martínez Sebastián, B. (2003). *La universidad como nivel privilegiado para un aprendizaje como Investigación orientada*. En: Monereo, C y Pozo, J. (eds). *La universidad ante la nueva cultura educativa. Enseñar y aprender para la autonomía*. Pp. 231-244. Síntesis, Madrid.

Mendible, A. (2015). *La modelización matemática: una visión interesada en la realidad*. En: Investigaciones en educación matemática. Aportes desde una unidad de Investigación. José Ortiz y Martha Iglesias (compiladores). P14-28. Universidad de Carabobo. Maracay.

Trejos, E., Cumarena, N., Trejos, N. (2013). *Las matemáticas en la formación de un ingeniero: la matemática en contexto como propuesta metodológica*. REDU (Revista de Educación Universitaria). Vol 11. P397-424. México.