

**CONGRESO
IBEROAMERICANO**
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA,
INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN

BUENOS AIRES, ARGENTINA
12, 13 Y 14 DE NOVIEMBRE 2014

**CONGRESSO
IBERO-AMERICANO**
DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÃO E EDUCAÇÃO

BUENOS AIRES, ARGENTINA
12, 13 Y 14 DE NOVEMBRO 2014

Una experiencia con escenarios de investigación para la alfabetización matemática en carreras de ingeniería

POCHULU, M; ABRATE, R; ALCOBA, M.

Una experiencia con escenarios de investigación para la alfabetización matemática en carreras de ingeniería

Marcel Pochulu¹ – Raquel Abrate¹ - Marcelo Alcoba²

¹Universidad Nacional de Villa María – ²Universidad Nacional de Río Cuarto

mpochulu@unvm.edu.ar – rabrate@unvm.edu.ar - malcoba@ing.unrc.edu.ar

Resumen

Con el propósito de trascender las clases habituales de matemática para carreras de ingeniería, se trabajó con TIC, resolución de problemas y actividades de modelización, en las cátedras Matemática. Las clases se centraron en la concepción de escenarios de investigación que propone Skovsmose (2012). Básicamente se caracterizaron por promover un trabajo investigativo o de indagación en los estudiantes, contraponiéndose al paradigma del ejercicio que ha dominado tradicionalmente a las matemáticas en ingeniería. A su vez, se buscó promover en los estudiantes la formulación de preguntas, la búsqueda de explicaciones, la posibilidad de explorar y explicar las propiedades matemáticas, etc.

Participaron de la experiencia 186 estudiantes inscriptos en las carreras de ingeniería agronómica e ingeniería en alimentos de la Universidad Nacional de Villa María, de Argentina, distribuidos en 5 comisiones de trabajo.

El análisis didáctico de la experiencia se realizó siguiendo los constructos que propone el Enfoque Ontosemiótico del conocimiento e instrucción matemática de Godino, Batanero y Font (2007). En particular, se usaron las herramientas: configuración epistémica/cognitiva, funciones semióticas y configuraciones didácticas para valorar el proceso de estudio.

La experiencia mostró que los estudiantes hicieron mejoras significativas en sus habilidades relativas a la cooperación, el intercambio y el trabajo en grupo, como así también, en el desarrollo de sus competencias comunicativas y en resolución de problemas. Asimismo, se pudo constatar que existen otras maneras de trabajar matemática, más próxima a los campos profesionales de las carreras en las que se inscriben los estudiantes, sin descuidar los contenidos centrales que suelen ser preocupación de los profesores de las carreras de ingeniería.

1. Introducción

La enseñanza de la Matemática para carreras de Ingeniería plantea grandes desafíos en los profesores y las universidades desde hace muchos años, pues las tendencias

marcan que debería enseñarse de manera contextualizada y a través de la resolución de problemas. Pita, Añino, Ravera, Miyara, Merino y Escher (2011) expresan que:

Se ha popularizado la idea de que *la Matemática está en todos lados*, pero esto no es tan taxativo. Dicho de otra manera, no es simplemente que está sino que hay que hallarla, aprovechando sus métodos y procedimientos en la formación del estudiante de Ingeniería. (p. 9).

En Argentina, la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) establece que el plan de estudios de cada carrera debe estar adecuadamente integrado para lograr el desarrollo de las competencias necesarias para la identificación y solución de problemas abiertos de ingeniería. Éstos se entienden como aquellas situaciones reales o hipotéticas que plantean los profesores a sus estudiantes, cuya solución demanda la aplicación de los conocimientos de las Ciencias Básicas y de las Tecnologías, y son considerados un indicador de la calidad educativa que brinda la Universidad (Ministerio de Educación, 2001).

A su vez, numerosos trabajos referidos a la enseñanza de la Matemática para carreras de Ingeniería, proponen algunos principios y lineamientos generales con la finalidad de lograr profesionales idóneos. Así, por ejemplo, Pita *et al* (2011, p.10) expresan que “nuestra meta es una enseñanza atractiva que mejore las condiciones de aprendizaje, apuntado a formar un estudiante hábil en la identificación y apto para la formulación de problemas de Ingeniería”. Jóver (2003, p. 85), en tanto, enfatiza que “cuando se explora la resolución de problemas por métodos heurísticos emerge un variado paisaje de técnicas que se proponen como adecuadas”. Méndez (2010, pp. 2-3), por su parte, sostiene que las Ciencias Básicas impulsan al estudiante de ingeniería a “ser creativo e innovador, situación indispensable para atender a los problemas del mundo real a los que se enfrentará profesionalmente, una vez que terminen sus estudios de ingeniería y que le permitirán resolverlos eficientemente”.

No obstante, la problemática sobre el tipo de actividades y problemas que se debieran proponer a los estudiantes de ingeniería, en la formación matemática inicial, pareciera ser aún una dificultad a superar.

Garza (1999), tomando como contexto de reflexión las carreras de ingeniería de México, menciona que la problemática de su enseñanza es común en todas las especialidades. En ese sentido, Méndez (2010, p. 4) afirma que “actualmente se reconoce que la mayoría de los estudiantes de ingeniería comienzan a tomar conciencia sobre la importancia de las ciencias básicas, una vez avanzados en los estudios de la carrera elegida”.

Nieto (2004) argumenta que para alcanzar estos objetivos se deben trascender los procesos de enseñanza y aprendizaje basados en la exposición magistral en el aula, y poner a los estudiantes en contacto con la realidad que nos rodea.

2. Marco teórico

Los conceptos teóricos que atraviesan el trabajo son: el de *Diario de clase* del alumno como instrumento de evaluación, el de *Resolución de Problemas* como estrategia de

enseñanza, el de *Escenario de investigación* como forma de concebir y gestionar la clase de Matemática en el nivel superior, y el de Configuración epistémica/cognitiva como herramienta para valorar la comprensión que logran los estudiantes de un objeto matemático. Seguidamente se hace una descripción general de estos tres conceptos.

Se entiende al Diario de clase como un instrumento que permite recoger datos significativos sobre un proceso de enseñanza y aprendizaje, además de la reflexión sobre los mismos, su análisis y sistematización (Jurado Jiménez, 2011). Asimismo, permite recolectar opiniones, argumentos, destrezas y actitudes presentes en situaciones reales de aprendizaje, y donde es posible recuperar las discusiones espontáneas entre los estudiantes en las puestas en común iniciales (Porlán y Martín, 2000).

Los Diarios de clase, o bitácoras de los estudiantes, tuvieron por finalidad recuperar aspectos relacionados con la *Resolución de Problemas* y los procesos cognitivos involucrados en ella. Es complejo dar un concepto de “problema” y son numerosos los autores que han dedicado esfuerzos para definir o caracterizar el mismo, con múltiples acepciones. Al respecto, Rodríguez (2012) resalta el hecho de que:

Uno define el concepto de *problema para un sujeto*, y no simplemente la noción de *problema*. Esto expresa que lo que para un individuo resulta ser un problema, bien podría no serlo para otro. Esta relatividad al sujeto es una característica inherente al concepto y a la vez empieza a poner de manifiesto la complejidad de su uso en el aula. (p. 155)

Debido a que la cualidad de “ser problema” es una cuestión relativa al sujeto que resuelve, esto viene a significar que frente a una primera lectura, el estudiante no sabe exactamente cuál es el camino que debe seguir para resolver. Esta incertidumbre lo lleva a explorar distintas estrategias no formalizadas para acercarse a la resolución, las cuales no necesariamente son exitosas o válidas desde el punto de vista matemático. No obstante, estas estrategias, o heurísticas, son las que están presentes en el trabajo del matemático, y del propio ingeniero, cuando se encuentra ante una conjetura o problema abierto. En consecuencia, este tipo de estrategias son las que adquieren especial interés para la alfabetización matemática que se pretende instaurar en los estudiantes, intentando que las incorporen, reflexionen sobre ellas, más allá del éxito que alcancen o no en la resolución y con los contenidos matemáticos que hayan sido necesario considerar en la actividad (Rodríguez, 2012).

Situado en la Educación Matemática Crítica, como línea u enfoque teórico de la Didáctica de la Matemática, Skovsmose (2012) describe distintas tipologías de clases de Matemática al cruzar dos dimensiones: el paradigma del ejercicio y el enfoque investigativo. Haciendo una distinción con el primero (paradigma del ejercicio) donde se situaría la clase tradicional de Matemática, propone el trabajo en la clase organizando proyectos que se montan sobre escenarios de investigación.

Skovsmose (2012, p. 111) le da el nombre de “escenario de investigación a una situación particular que tiene la potencialidad de promover un trabajo investigativo o de indagación” en los estudiantes. Este ambiente de aprendizaje viene a contraponerse

totalmente al paradigma del ejercicio que ha caracterizado tradicionalmente a las clases de Matemática.

Si se tienen en cuenta los dos paradigmas que pueden dominar las clases de Matemática: del ejercicio o de investigación y, además, se consideran como referencia contextos de la Matemática pura, de la semirrealidad o situaciones de la vida real, se tendrían los siguientes ambientes de aprendizaje (enumerados del 1 al 6):

		Formas de organización de la actividad de los estudiantes	
		Paradigma del ejercicio	Escenarios de investigación
Tipo de referencia	Matemáticas puras	(1)	(2)
	Semirrealidad	(3)	(4)
	Situaciones de la vida real	(5)	(6)

Tabla 1: Ambientes de aprendizaje (Skovsmose, 2012, p. 116)

Skovsmose (2012) expresa que la educación matemática se mueve sólo en los ambientes (1) y (2) de la Tabla 1, y sugiere moverse por los restantes. También sostiene que en los escenarios de investigación los estudiantes están al mando, pero se constituyen en tal si aceptan la invitación, la cual depende del profesor. Además, “lo que puede constituirse en un escenario de investigación para un grupo de estudiantes en una situación particular puede no convertirse en una invitación atractiva para otro grupo de estudiantes” (Skovsmose, 2012, pp. 114-115).

Advierte, además, que un escenario de investigación debe promover en los estudiantes la formulación de preguntas, la búsqueda de explicaciones, la posibilidad de explorar y explicar las propiedades matemáticas, etc. Todo esto está condicionado por el tipo de problema o actividad que se les proponga y obviamente, la gestión de la clase que realice el profesor.

El Enfoque Ontológico y Semiótico del conocimiento e instrucción matemática (EOS) que propone Godino (2000, 2003), como línea teórica y metodológica de la Didáctica de la Matemática, considera que toda práctica o actividad matemática está centrada en la resolución de problemas (en el sentido más amplio de su acepción, los cuales van desde simples ejercicios a instancias de modelación) y se pueden encontrar algunos o todos de los siguientes elementos primarios:

- **SITUACIONES PROBLEMAS: PROBLEMAS MÁS O MENOS ABIERTOS, APLICACIONES EXTRAMATEMÁTICAS O INTRAMATEMÁTICAS, EJERCICIOS, ETC. CONSTITUYEN LAS TAREAS QUE INDUCEN LA ACTIVIDAD MATEMÁTICA.**
- **CONCEPTOS: ESTÁN DADOS MEDIANTE DEFINICIONES O DESCRIPCIONES (NÚMERO, PUNTO, LADO, PERÍMETRO, BARICENTRO, ETC.), TÉCNICAS O ACCIONES DEL SUJETO ANTE LAS TAREAS MATEMÁTICAS (OPERACIONES, ALGORÍTMOS, TÉCNICAS DE CÁLCULO, PROCEDIMIENTOS, ETC.).**
- **PROPIEDADES O PROPOSICIONES: COMPRENEN ATRIBUTOS DE LOS OBJETOS MATEMÁTICOS, LOS QUE GENERALMENTE SUELEN DARSE COMO ENUNCIADOS O REGLAS DE VALIDEZ.**

- *Procedimientos*: Comprenden algoritmos, operaciones, técnicas de cálculo o modos de ejecutar determinadas acciones.
- **ARGUMENTACIONES**: SE USAN PARA VALIDAR Y EXPLICAR LA RESOLUCIÓN QUE SE HIZO DE LA SITUACIÓN PROBLEMA. PUEDEN SER DEDUCTIVAS O DE OTRO TIPO, E INVOLUCRAN CONCEPTOS, PROPIEDADES, PROCEDIMIENTOS O COMBINACIONES DE ESTOS ELEMENTOS.
- **LENGUAJE**: TÉRMINOS, EXPRESIONES, NOTACIONES, GRÁFICOS, ETC. SI BIEN EN UN TEXTO VIENEN DADOS EN FORMA ESCRITA O GRÁFICA, EL TRABAJO MATEMÁTICO PUEDEN USARSE OTROS REGISTROS COMO EL ORAL, CORPORAL O GESTUAL. ADEMÁS, MEDIANTE EL LENGUAJE, SEA ESTE ORDINARIO, NATURAL O ESPECÍFICO MATEMÁTICO, TAMBIÉN SE DESCRIBEN OTROS OBJETOS NO LINGÜÍSTICOS.

Para el EOS, los seis objetos primarios que están presentes en una práctica matemática se relacionan entre sí formando configuraciones. Estas configuraciones (figura 1) son entendidas como las redes de objetos intervinientes y emergentes de los sistemas de prácticas y las relaciones que se establecen entre los mismos, y constituyen los elementos del significado de un objeto matemático particular. Las configuraciones pueden ser epistémicas o instruccionales si son redes de objetos institucionales (extraídas de un texto escolar, obtenidas de la clase que imparte un profesor, etc.), o cognitivas si representan redes de objetos personales (actividad de los estudiantes). Tanto los sistemas de prácticas como las configuraciones se proponen como herramientas teóricas para describir los conocimientos matemáticos, en su doble versión, personal e institucional (Godino y Batanero, 1994).



Figura 1: Componentes de una configuración epistémica/cognitiva

Podemos advertir que en las configuraciones epistémicas/cognitivas, las situaciones-problemas son las que le dan origen a la propia actividad matemática, y las que vienen a motivar el conjunto de reglas que aparecen en ella. El lenguaje, por su parte, sirve de instrumento para accionar en la actividad matemática que acontece. Los argumentos, en tanto, los entendemos como prácticas que aparecen para justificar las definiciones, procedimientos y proposiciones, las que están reguladas por el uso del lenguaje, que por su parte, sirve de instrumento para la comunicación.

Cada objeto matemático, dependiendo del nivel de análisis que se quiera hacer, puede estar compuesto por entidades de los restantes tipos. Un argumento, por ejemplo,

puede poner en juego conceptos, proposiciones, procedimientos, o combinaciones entre ellos y obviamente, está soportado por el lenguaje.

El EOS concibe a la comprensión básicamente como competencia y no tanto como proceso mental (Godino 2000, Font 2011), pues sostiene que un sujeto comprende un determinado objeto matemático cuando lo usa de manera competente en diferentes prácticas.

3. Descripción de la experiencia

Teniendo en cuenta la problemática planteada en la introducción, se propuso trascender las clases habituales de Matemática para las carreras de ingeniería, desde el mismo curso de ingreso. Para ello, se trabajó con resolución de problemas y actividades de modelización que estuvieron centrados en tres ambientes de aprendizaje: de la Matemática pura, de la semirrealidad y de situaciones de la vida real, según la clasificación que ofrece Skovsmose (2012) para los escenarios de investigación en la clase de Matemática.

Participaron de esta experiencia 186 estudiantes inscriptos en las carreras de Ingeniería Agronómica e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Nacional de Villa María, distribuidos en 5 comisiones de trabajo.

En las clases de Matemática se les entregó a los estudiantes un problema que tenían que resolver en grupos de no más de 4 integrantes. Estos grupos no podían ser los mismos clase tras clases y debían ser necesariamente distintos. Posterior al trabajo grupal, los estudiantes elaboraban un afiche para mostrar al resto de sus compañeros el proceso de resolución del problema y que expresaran de manera oral lo que habían realizado. Asimismo, de cada clase de Matemática los estudiantes realizaban una narración personal, en formato de *Diario de clase* (o bitácora), contemplando los siguientes aspectos:

- a) Lo que han pensado, en el grupo, para la resolución del problema, recuperando todos los intentos fallidos y no sólo el exitoso que los llevó a la solución. Esto conllevó a que describieran las estrategias que les resultaron útiles y las que no fueron útiles, explicando, en este último caso, por qué las abandonaron o no siguieron con ellas. También tuvieron que relatar lo primero que se les ocurrió pensar y/o hacer ante el enunciado del problema (¿un gráfico? ¿un esquema? ¿una ecuación? ¿una tabla? etc.)
- b) Lo que aportaron personalmente para la resolución del problema y lo que aportaron los otros integrantes del grupo.
- c) Lo que no les gustó, lo que les resultó difícil y lo que más les agradó del problema. En todos los casos debieron dar fundamentos de las elecciones.
- d) Lo que aprendieron matemáticamente con el problema y lo que consideraban que no les había quedado claro aún.
- e) Las explicaciones, comentarios y/o preguntas que realizó el docente o un/a compañero/a que le ayudaron a comprender alguna idea matemática.

Para la evaluación y acreditación, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios, tanto para las instancias orales, como las reflejadas por escrito en el diario personal:

- Riqueza de estrategias utilizadas en la resolución de un problema y el análisis matemático realizado en torno a ellas.

- Uso apropiado de propiedades, conceptos, procedimientos y lenguaje matemático en las explicaciones y reflexiones.
- Claridad en las reflexiones realizadas en torno al propio aprendizaje matemático alcanzado con la resolución del problema.
- Evolución en las explicaciones y argumentaciones realizadas a lo largo del curso.

Participaron de la experiencia tres profesoras de Matemática que estaban a cargo de las comisiones de trabajo, un coordinador general del módulo de Matemática quien cumplió la función de docente investigador, y dos psicopedagogas que ayudaron a los estudiantes a reflexionar sobre técnicas de estudio que ponían en juego, realización de síntesis y marcado de ideas principales, sistematización de información relevante, etc.

En cada una de las cinco comisiones se trabajaron con diferentes problemas montados en escenarios de investigación. Esto es, los problemas propuestos no fueron los mismos para todos los grupos ni el tiempo asignado para la resolución. Asimismo, las tres profesoras responsables de los cursos destinaron un espacio de tiempo, durante las primeras clases, para trabajar con las narrativas que se les pedían realizar a los estudiantes en los Diarios de clase. A esta tarea se sumó también el trabajo que realizaban las psicopedagogas, no sólo dentro del módulo de Matemática, sino también en el módulo de Estrategias de Aprendizaje, en un intento de trabajo coordinado intercátedras. Los primeros bocetos de los Diarios de clase mostraban que los estudiantes tendían a relatar de manera escueta sólo el camino exitoso de resolución y carente de reflexiones sobre el proceso cognitivo llevado a cabo. Cabe aclarar que esta situación se anticipaba que ocurriría y por tal razón se planificaron actividades referidas a la escritura de los Diarios.

A modo de ejemplos, se transcriben seis problemas propuestos a los estudiantes 8los 4 primeros en el curso de admisión y los dos últimos en Análisis Matemático), realizando una clasificación del escenario donde fueron situados, para luego efectuar un análisis del proceso realizado por ellos.

Problema 1 (Matemática pura)



Problema

Anticipar la expansión decimal que tendrá un número racional de la forma:

$$\frac{1}{2^n \cdot 5^m}$$

donde n y m son números enteros no negativos

Problema 2 (Matemática pura)



Analizando algoritmos....

$$21 \times 25$$

¿Existen formas distintas para hacer esta multiplicación?

¿Qué ventajas y desventajas tiene cada procedimiento?

Problema 3 (semirrealidad)

Un señor compró un campo en la zona serrana de Córdoba, a muy buen precio, y pagó U\$S 13140. Pasado un tiempo, fracciona el campo y se queda con 73 hectáreas para dedicarse a la cría de caballos de carrera. Si en la venta recuperó lo pagado por todo el campo y obtuvo una ganancia de U\$S 6 por cada hectárea que vendió, con respecto al precio de compra ¿es posible determinar cuántas hectáreas de campo compró? ¿Tiene solución única el problema? ¿Es posible encontrar un modelo matemático (fórmula, función, expresión) que describa la situación anterior? Justifica tus respuestas.

Problema 4 (semirrealidad)



Problema

Se han construido 4 viviendas en una zona serrana. Por cuestiones de costos se realizará una sola perforación para obtener agua y luego se distribuirá a todas ellas. Determinar dónde debe realizarse la perforación para que la cantidad de caños a utilizar sea mínima.



Problema 5 (de la vida real)

En la página web <http://www.turismoruta40.com.ar/tramo11.html> se brinda información para quienes quieran tomar la Ruta 40 de Mendoza a Guandacol. Un párrafo de esa página llama la atención, pues se expresa: “En la frontera entre San Juan y Mendoza, control policial y fitosanitario, no llevar frutas”. En realidad, el control fitosanitario se

hace para controlar los insectos que afectan cultivos frutihortícolas. Entre estos insectos se tiene a la Mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*) y se expresa que¹:

La mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*) está considerada por los especialistas como la más devastadora y perjudicial de todas las plagas conocidas por el hombre en los campos de cultivo, principalmente de donde salen las frutas y hortalizas más demandadas por los mercados.

La sola presencia de este insecto en cualquier zona frutícola, si no se adoptan las medidas de control de manera oportuna, ocasiona grandes pérdidas por los daños directos e indirectos que causa a las frutas y economía de los productores.

Constituye, además, un impedimento importante de carácter cuarentenario para la exportación de frutales a los mercados internacionales. De acuerdo con estudios realizados, se calcula que los perjuicios que causa la plaga alcanzan los 100 millones de dólares al año.

No obstante ello, llama la atención que en la página web² un forista expresa: “*Nunca encontré en la entrada de Mendoza el control fitosanitario de la mosca del mediterráneo. Yo traje fruta y una tortuga que encontré y nadie me revisó*”.

¡Aquí inicia nuestro problema! Si se hubiese ingresado una fruta infestada por la *Mosca del Mediterráneo* ¿Cuál sería la dinámica poblacional de estos individuos? ¿Qué grado de relevancia tendría este hecho para el control de la *Mosca del Mediterráneo* en la Provincia de Mendoza?

Problema 6 (de la vida real)

En la página oficial del Ministerio de Educación perteneciente al Gobierno de la Provincia de Córdoba, se expresa³:

(...) mediante el nuevo Recibo Digital avanzamos en el proceso de simplificación administrativa, incrementando los niveles de eficiencia de la Administración Pública, disminuyendo el nivel de transacciones innecesarias, ahorrando horas de trabajo, espacio físico y fundamentalmente recursos materiales, suprimiendo el factor temporoespacial de numerosos docentes y agentes que prestan servicios en el interior o zonas alejadas, y reduciendo significativamente el gasto.

A su vez, al ingresar cada agente a la página que permite descargar el *Recibo Digital* se encuentra con el anuncio de la Figura 2.

Si analizamos la parte central del anuncio (*situación actual*), podemos ver que se justifica, de alguna manera, el hecho de estar emitiendo los recibos en formato digital, pues el papel que insumen sería el equivalente a 47 árboles. Ahora bien ¿Es adecuada la estimación de que se evitan talar 47 árboles por emitir los recibos en formato digital? ¿Qué modelo matemático está detrás de este cálculo?

¹ <http://www.elbuho.com.pe/antiguos/web340/regional2M.htm>

² <http://www.losandes.com.ar/notas/2011/5/10/ruta-deteriorada-control567274.asp>

³ <http://prensa.cba.gov.ar/opinion/recibo-digital-constuyendo-una-administracion-sustentable/>

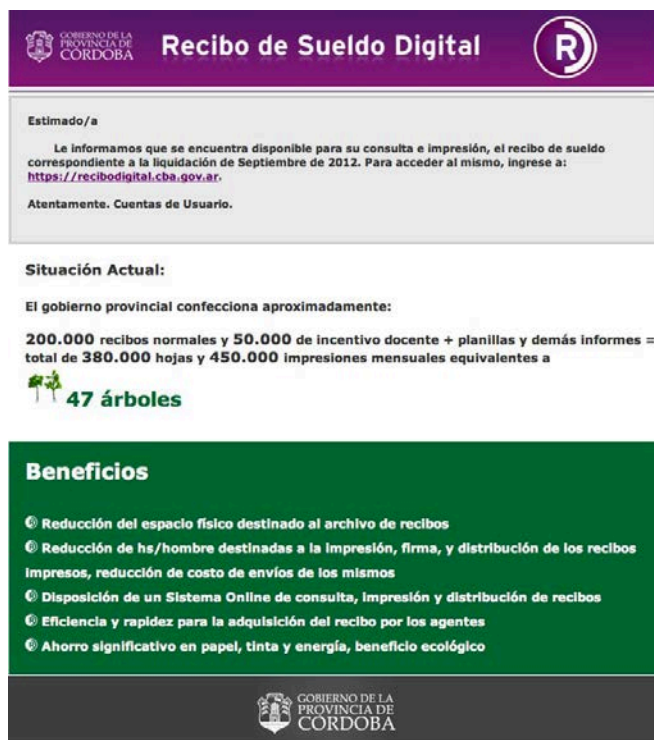


Figura 2: Recibos digitales del Gobierno de la Provincia de Córdoba

4. Análisis de la experiencia

Frente a este tipo de problemas, los estudiantes buscaban inicialmente encontrar rápidamente una solución y fue necesario remarcar que lo más importante no era “la respuesta”, sino el proceso seguido y las reflexiones que realizarían sobre el mismo. Incluso, se presentaron casos donde los grupos no arribaron a una respuesta adecuada y en consecuencia, se resistían a realizar una narrativa de las estrategias puestas en juego, argumentando que no tenía sentido hacerlo cuando no habían encontrado solución alguna.

De todos modos, los estudiantes lograron trascender esta problemática y rescataron cuestiones positivas de la experiencia, como se pone en evidencia en el siguiente fragmento de una narrativa (Figura 3).

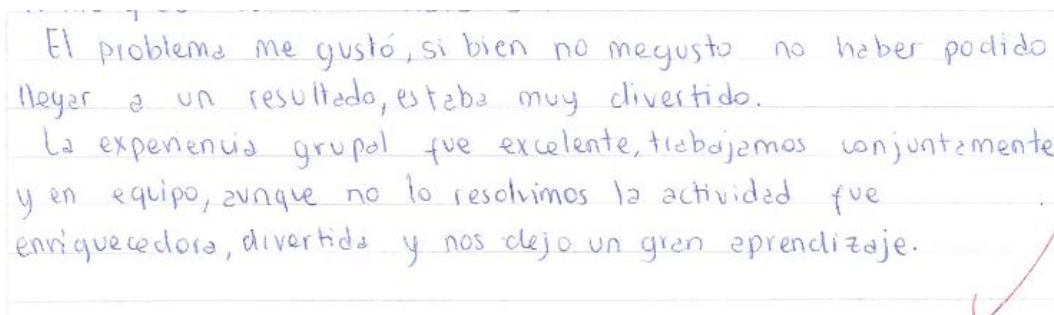


Figura 3: Reflexiones de un estudiante sobre la tarea

Asimismo, en la mayoría de las narraciones realizadas por los estudiantes, fue necesario realizar señalamientos para que se completaran los trabajos, pues eran muy

sucintas las explicaciones y reflexiones referidas a los caminos no exitosos, o los que no llevaron a la solución del problema.

Para que la narrativa se convirtiera en un instrumento de aprendizaje, tanto para el profesor como para los estudiantes, fue necesario realizar devoluciones permitiendo su reescritura. Eso posibilitó que el estudiante pudiera mejorar sus competencias para:

- Reconocer, describir, organizar y analizar los elementos constitutivos de un problema para idear estrategias que permitan obtener, de forma razonada, una solución contrastada y acorde a ciertos criterios preestablecidos.
- Interpretar y expresar con claridad y precisión informaciones, datos y argumentaciones.

Esta situación también se presentaba cuando debían realizar los afiches que resumía el trabajo de producción grupal y que se defendía en una instancia oral. La dificultad se encontraba al tener que dar argumentos sobre los motivos por los cuales no eran válidos los caminos seguidos, como se pone en evidencia en el siguiente afiche.

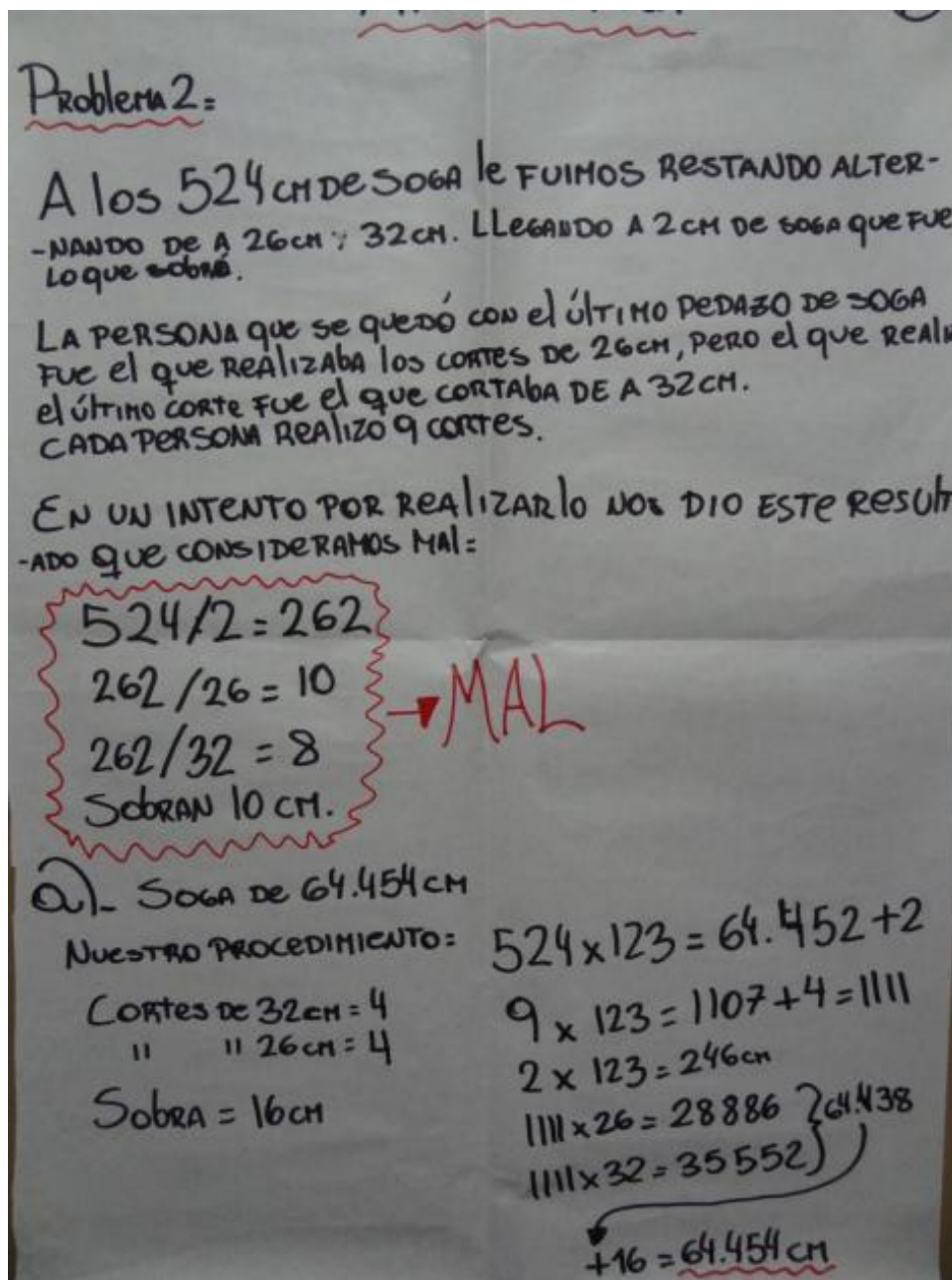


Figura 4: Afiche de trabajo realizado como síntesis de la resolución de un problema

No obstante, la experiencia llevada a cabo muestra que los estudiantes hicieron mejoras significativas en sus habilidades relativas a la cooperación, el intercambio y el trabajo en grupo, como así también, en el desarrollo de sus competencias comunicativas y en resolución de problemas. Si bien se torna complejo mostrar evidencias de la evolución de todo el progreso que realizaron los estudiantes -pues surge del análisis realizado de los Diarios de clase- esto se advierte en sus reflexiones y comentarios. Un ejemplo de ello se transparenta en los siguientes recortes de narrativas.

Estudiante A:

Puedo decir, personalmente, que la experiencia de trabajar en grupos fue enriquecedora a mi parecer. A la hora de resolver el problema lo leímos conjuntamente en voz alta y compartimos lo que cada uno de los integrantes íbamos pensando.

Llegamos a la misma conclusión pero yo tomé un camino diferente, usé otro método el cual llevo más tiempo que el de mis compañeros y eso me sirvió para darme cuenta de otros caminos más simples que podía haber tomado para llegar a resolver el problema.

Me cuesta aceptar la opinión de otros cuando trabajo o estudio o que refuten mi conclusión, por ello, la experiencia fue sumamente positiva y me ayudó a poder aceptar que otros métodos no utilizados por mí, también estaban bien.

Cuando exponemos el trabajo realizado y su resultado me parece aún más positivo, ya que, nos ayuda a "saltarnos" y poder tomar cierta confianza con el grupo entero a trabajar.

Estudiante B:

Para la resolución del problema aporté mucho personalmente, mis compañeros ayudaron también a la resolución de algunos pasos y tomaban nota de lo que íbamos haciendo.

Me agradó esta experiencia, ya que, fue con compañeros nuevos que no conocía, ni tampoco conocía su forma de trabajar. Lo cual fue enriquecedor para mí a la hora de autoevaluarme para ver como fue mi desenvolvimiento ante el problema.

Me gustó esta experiencia, estaría bueno que los grupos se sigan formando al azar.

En todas las narrativas aparecen reflexiones relevantes referidas al propio aprendizaje matemático logrado. Como ejemplo de esta situación, se transcriben parte de los comentarios realizados por dos estudiantes cuando resolvieron un problema referido a la validez matemática que tienen los algoritmos de multiplicación que usaban los romanos y los egipcios, al no emplear un sistema de numeración posicional como el actual.

Estudiante C: Esta experiencia me gustó mucho. Hay varias razones.

En primer lugar me sirvió para aprender otros métodos de multiplicación en donde no requiero saber todas las tablas sino solamente la del dos, saber dividir por dos y obviamente sumar. En segundo lugar, aprendí también como es una escritura binaria, y nunca me hubiera imaginado que estaba encubierta en este método. Como tercer punto me gustó trabajar con esta actividad porque tuvimos que interpretar la información solos y entenderla. El grupo me gusta también, trabajamos bien todos y formamos un buen equipo, es lo que personalmente creo.

Estudiante C: Me gustó el problema ya que me informé acerca de cómo se empleaba y aplicaba la Matemática, tanto en la antigüedad como en las diversas civilizaciones. Además, pude hacer un repaso y ver nuevamente de qué tratan los sistemas binarios.

Asimismo, el trabajo con resolución de problemas y en escenarios de investigación, pudo mostrar tanto a profesores como estudiantes que existen otras maneras de trabajar y hacer Matemática en el aula. Esta modalidad de trabajo está más próxima a los campos profesionales de las carreras en las que se inscriben los estudiantes, y no se descuidaron los contenidos centrales que suelen ser preocupación de los profesores de las carreras de ingeniería. No obstante, el modo de trabajo ofrece resistencias para aquellos estudiantes que se sienten más cómodos en ambientes tradicionales de enseñanza, y no en los que se les demanda un mayor protagonismo, búsqueda de información en diferentes fuentes, empleo de estrategias no habituales para la resolución de problemas, trabajo colaborativo en equipo, exposición oral de lo realizado, necesidad de validar argumentos, etc.

Cabe remarcar que el Diario de clase, como instrumento de evaluación, demanda un gran esfuerzo por parte de los profesores. Resulta laborioso su análisis, más aún cuando se trabaja con grandes números de estudiantes, y donde no es posible demorar demasiado las devoluciones para realizar los ajustes pertinentes de los procesos de enseñanza y aprendizaje involucrados. A su vez, resulta difícil instaurarlo inicialmente en las clases de Matemática, pues los estudiantes y profesores no tienen experiencias previas sobre narrativas de procesos cognitivos y metacognitivos propios seguidos en la resolución de problemas.

Por último, y sin que por ello tenga menor relevancia, se sostiene que este modo de trabajo tiene como principal detractor al propio profesor de Matemática, quien concibe que la disciplina debe ser enseñada en las carreras de ingeniería siguiendo los modelos tradicionales, donde se valora positivamente que el estudiante llegue a un resultado a través de procedimientos estándares y conocidos, y por medio de un trabajo individual.

5. Referencias bibliográficas

FONT, V. (2011). "Las funciones y la competencia disciplinar en la formación docente matemática". *UNO*. Vol. 56, pág. 86-94.

GARZA, R. (1999). "La enseñanza de las ciencias básicas en la formación de ingenieros". *Ingenierías*. Vol. 2, número 55, pág. 55-58.

GODINO, J. (2000). "Significado y comprensión en matemáticas". *UNO*. Vol. 25, pág. 77-87.

GODINO, J. (2003). *Teoría de las funciones semióticas. Un enfoque ontológico-semiótico de la cognición e instrucción matemática*. Granada: Departamento de Didáctica de la Matemática de la UG.

GODINO, J. y BATANERO, C. (1994). "Significado institucional y personal de los objetos matemáticos". *Recherches en Didactique des Mathématiques*. Vol. 14, número 3, pág. 325-355.

GODINO, J., BATANERO, C. & FONT, V. (2007). "The onto-semiotic approach to research in mathematics education". *ZDM*. Vol. 39, número 1-2, pág. 127-135.

JÓVER, M. L. (2003). "La resolución de problemas en la enseñanza de la ingeniería". *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*. Vol. 4, número 6, pág. 81-86.

JURADO JIMÉNEZ, M. D. (2011). "El diario como un instrumento de autoformación e investigación". *Curriculum*. Vol. 24, pág. 173-200.

MÉNDEZ, R. (2010). "Las Ciencias Básicas y el aprendizaje en Ingeniería". En A. JARILLO MORALES (Ed.), *4 Foro Nacional de Ciencias Básicas*. México: UNAM. 1ª ed., pág. 1-9.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN. (2001). *Resolución Ministerial N° 1232/01*. Buenos Aires: Ministerio de Educación de Argentina.

NIETO, M. R. (2004). *El papel de las Ciencias Básicas en la enseñanza de la Ingeniería* [en línea]. Quetzaltenango: I Congreso de Enseñanza de la Ingeniería [26/04/12].

PITA, G.; AÑINO, M.; RAVERA, E.; MIYARA, A.; MERINO, G. y ESCHER, L. (2011). "Enseñar Matemática a través de problemas abiertos: un desafío para los docentes". En A. RUÍZ (Ed.), *Actas XIII Conferencia Interamericana de Educación Matemática*. Recife: Universidade de Pernambuco. 1ª ed., pág. 1-11.

PORLÁN, R. y MARTÍN, J. (2000). *El diario del profesor – Un recurso para la investigación en el aula*. Sevilla: Díada Editora S.R.L.

RODRÍGUEZ, M. (2012). "Resolución de Problemas". En: M. POCHULU Y M. RODRÍGUEZ (Comps.), *Educación Matemática – Aportes a la formación docente desde distintos enfoques teóricos*. Los Polvorines: Ediciones UNGS y EDUVIM. 1ª ed., pág. 153-174.

SKOVSMOSE, O. (2012). "Escenarios de investigación". En P. VALERO y O. SKOVSMOSE (Eds.), *Educación matemática crítica. Una visión sociopolítica del aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas*. Bogotá: Una empresa docente. 1ª ed., pág. 109-130.