

EVALUACIÓN: UNA EXPERIENCIA INNOVADORA EN EL AULA DE MATEMÁTICA

Silvia del Puerto; Silvia Seminara

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires
spuerto@fibertel.com.ar; sseminara@sinectis.com.ar

Resumen

En el presente artículo se describe una experiencia basada en la utilización de la *devolución de la evaluación* como parte de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Trabajamos bajo el supuesto de que el alumno, al rehacer su examen a partir de los comentarios que realiza el docente sobre sus aciertos, errores y dificultades, tiene aún oportunidad de continuar reorganizando los contenidos en su esquema cognitivo, haciendo uso de esa valiosa información que pone en evidencia los eventuales conflictos que pueden producirse entre sus saberes anteriores y los nuevos conocimientos. Los resultados obtenidos parecen avalar esta suposición inicial. Por otra parte, para el docente, la información que provee la evaluación constituye, sin duda, un *feedback* imprescindible a la hora de reorientar y mejorar sus estrategias de enseñanza.

Palabras clave: evaluación; feedback; conflictos cognitivos; cambio conceptual.

1. Introducción

A partir de nuestra experiencia cotidiana como docentes universitarios debemos reconocer que, en ese ámbito educativo, la evaluación se lleva a cabo casi exclusivamente en instancias formales, mediante exámenes parciales y finales independientes del proceso de enseñanza y aprendizaje, y está relacionada sólo con la medición de esos aprendizajes, la acreditación o la certificación, y muy pocas veces con la toma de conciencia, por parte de alumnos y docentes, de los aprendizajes adquiridos o de las dificultades en la comprensión de algunos temas. Casi se podría decir que *el alumno estudia para aprobar una asignatura* y que *se enseña lo que se evaluará*. Díaz Barriga ha descripto aún más drásticamente este tipo de situaciones al decir que

“...la acción áulica se convierte en una acción perversa en su conjunto: los maestros sólo preparan a los alumnos para resolver eficientemente los exámenes y los alumnos sólo se interesan por aquello que les representa puntos para pasar el examen. El examen se ha convertido en el instrumento idóneo para la perversión de las relaciones pedagógicas. Éstas no se basan más en el deseo de saber”. (Díaz Barriga, 1994).

A propósito Litwin (1998) sostiene:

“En las prácticas de enseñanza, la actitud evaluadora invierte el interés de conocer por el interés por aprobar en tanto se estudia para aprobar y no para aprender. Es el mismo profesor que, cuando enseña un tema central o importante de su campo, destaca su importancia diciendo que será evaluado y lentamente va estructurando toda la situación de enseñanza por la próxima situación de evaluación.”

Pero aporta también una sugerencia:

“...estos debates acerca de la centralidad como patología podrían modificarse si los docentes recuperan el lugar de la evaluación como el lugar que genera información respecto de la calidad de su propuesta de enseñanza. Desde esta perspectiva, la evaluación sería tema periférico para informar respecto de los aprendizajes de los

estudiantes, pero central para que el docente pueda recapacitar respecto de su propuesta de enseñanza.”

La principal información de utilidad que alumnos y docentes pueden obtener a través de las evaluaciones es a partir del análisis de los errores presentes en las producciones de los alumnos. Éstos suelen ser simplemente penalizados sin considerar, por ejemplo, que permiten al docente conocer cómo ha interpretado el estudiante la nueva información a partir de sus saberes previos: *“el error es un valioso indicador de las dificultades del estudiante en la apropiación de los contenidos propuestos.”* (Pano et al., 2010)

En la experiencia que describimos a continuación, intentamos ayudar a promover el cambio conceptual en nuestros alumnos de Álgebra y Geometría Analítica a través del trabajo sobre sus evaluaciones, atendiendo a esta idea de que la evaluación no sólo transmite información acerca de lo que es importante en una asignatura sino que, además, a través del estudio de los errores que cometen los alumnos, permite poner en evidencia los conflictos cognitivos aún no resueltos que revelan un aprendizaje incompleto. Además, este análisis provee al docente de los datos necesarios para poder replantear sus clases y brindar a los alumnos la ayuda necesaria para concluir efectivamente el proceso de asimilación de la nueva información a su estructura cognitiva preexistente.

2. Fundamentación

La evaluación no debería ser el eslabón final de la enseñanza, sino que, por el contrario, debería encontrarse en el centro del proceso educativo. Considerar que la evaluación sirve sólo para la acreditación de la asignatura es olvidar que ella ayuda a retroalimentar la enseñanza y el aprendizaje, y que informa a los alumnos tanto sobre los tópicos de mayor importancia como del estado de su propio conocimiento. Como dice Carlino (2005), *“la evaluación enseña”* y sugiere por ello que el profesor debería planificar la evaluación tanto como planifica sus clases (Carlino, 2003).

En lo referente a la evaluación sumativa, la devolución del examen es un momento de gran importancia en el aprendizaje del alumno, y una instancia que *valida* esa evaluación. Si los alumnos reciben los comentarios de la evaluación como cierre de su trabajo, quedará tal vez justificada su calificación, pero se habrá perdido la oportunidad de utilizar una información valiosísima para realimentar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

En la instancia de la devolución de la evaluación el alumno puede aún reorganizar la información, lograr una mayor integración de conceptos y procedimientos, y acercarse al cambio conceptual deseable, si éste aún no se ha producido. En la corrección de la evaluación el alumno debe poder reconocer sus errores, sentirse guiado hacia la búsqueda de un conocimiento más integrado, generarse nuevos interrogantes (Tedesco, 2007) e, inclusive, descubrir conflictos cognitivos no resueltos.

Varios autores consultados (Gil Pérez y Guzmán, 1993; Carlino, 2005) coinciden en que el examen no sólo debe ser corregido y devuelto lo antes posible, sino que también debe ser discutido en clase, de manera individual o colectivamente en el pizarrón, ya que el alumno, con su examen delante, se manifiesta más abierto y participativo. También señalan que es conveniente que, antes de la calificación final, el alumno rehaga su examen en casa, o reescriba el examen en clase, teniendo en cuenta las observaciones hechas por el profesor y vuelva a entregarlo para, de esta manera, afianzar lo aprendido e, incluso, realizar reajustes en la organización de sus conocimientos. Trabajando de este modo la evaluación pasa a *formar parte* del proceso de aprendizaje del alumno.

Todas las actividades realizadas en clase por los alumnos pueden constituir una ocasión para el seguimiento de su trabajo, la detección de sus dificultades, sus conflictos cognitivos y sus progresos: el docente necesita esta información para valorar y orientar el aprendizaje del alumno hacia los cambios necesarios, pero sacar provecho de la instancia de la evaluación sumativa puede ser de singular importancia en este aspecto.

3. Descripción del trabajo

Desde el año 2004 trabajamos en la detección de los errores que con más frecuencia cometen los estudiantes de primer año de las carreras de ingeniería en la asignatura Álgebra y Geometría Analítica. Luego de elaborar un listado de errores típicos en los distintos contenidos de la materia, seleccionamos algunos de ellos para tratar de analizar sus posibles causas. Decidimos encuadrar el estudio de los errores cometidos en el tema de rectas en el espacio en el marco de la teoría del cambio conceptual pues advertimos que muchos de esos errores se debían a que los alumnos pretendían utilizar en el espacio resultados que sólo eran válidos para rectas del plano (*ideas previas*) o bien esquemas inacabados en los que se evidencia que no se ha completado el cambio conceptual (*modelos sintéticos*).

En una primera etapa del trabajo en este sentido, en el año 2009, administramos a nuestros grupos de alumnos un cuestionario individual que puso en evidencia las ideas previas y los modelos sintéticos que se manifestaban como errores en sus producciones sobre este tema, en razón de no haberse completado el cambio conceptual requerido para pasar al espacio.

Atendiendo a todas las consideraciones que puntualizamos acerca del uso positivo de la evaluación, este año nos propusimos continuar nuestro trabajo aprovechando el momento de la devolución del examen, y la opción de rehacer el mismo en casa o en clase, con el objeto de intentar determinar si esto posibilita que el proceso de reorganización de saberes en la mente del alumno continúe, y propicia, de algún modo, el cambio conceptual cuando éste no se ha producido o se encuentra inacabado.

Para ello, el primer parcial de la asignatura Álgebra y Geometría Analítica que se les administró a los 38 alumnos de un curso de la FRBA-UTN que cursan esta asignatura durante el primer cuatrimestre de 2011 fue dividido en dos partes, siendo el análisis de la primera de ellas lo que describe este trabajo.

Cuando finalizamos el desarrollo del tema de rectas y planos, les pedimos a los alumnos que resolvieran individualmente en clase dos ejercicios sobre rectas en el espacio, solicitándoles que fundamentaran todas sus respuestas y presentaran el desarrollo completo de los ejercicios, explicando correctamente la resolución de cada uno de manera que pudiera entenderla, por ejemplo, un compañero que no hubiera alcanzado a resolverlo. Se les explicitaron claramente los criterios que se utilizarían en la corrección, incluyendo la importancia que se le otorgaría a la redacción de sus justificaciones y a la notación que utilizaran, ya que coincidimos con Litwin en cuanto a que

“Entendemos el valor de explicitar los criterios a los estudiantes y, en especial, aquellos que consideramos implícitos y sobre los que se generan múltiples malentendidos. Por ejemplo, la presentación, la pulcritud o la ortografía suelen estar implícitos por el docente pero no así por nuestros estudiantes. Por otra parte, reconocer estos criterios y su valor en el momento de la evaluación nos permite aceptar el lugar que ocupan y no utilizarlos solamente para reafirmar nuestras ideas frente a las valoraciones de los aprendizajes de algunos estudiantes.” (Litwin, 1998)

Los ejercicios propuestos a los alumnos son los que se presentan a continuación:

- 1) a) Halle las coordenadas de todos los puntos A cuya proyección sobre el plano $\pi: x + y - 2z + 13 = 0$ sea el punto $B(-3, 0, 5)$ y cuya distancia a ese mismo plano sea $\sqrt{54}$.
- b) Responda justificando: ¿cuántos puntos A se obtienen ahora, sabiendo que $B(-3, 0, 5)$ es la proyección de A sobre la recta $r: \frac{x+9}{3} = y+2 = \frac{-z+1}{-2}$ y que la distancia de A a la recta r es $\sqrt{6}$?
- 2) Dada la recta $r: \begin{cases} x-2y=1 \\ y+z=1 \end{cases}$ y el punto $A(-3, 1, 2)$ halle, si existe, la ecuación de:
- a) un plano α que contenga a r , sea paralelo a la recta $s: \frac{x-3}{2} = \frac{1-y}{4} = \frac{z}{-3}$ y pase por el punto A ;
- b) una recta t que corte perpendicularmente a r y que pase por A .

Los docentes corregimos este trabajo para la clase siguiente, marcando los errores sin aclarar la forma correcta de resolución, e incluyendo llamadas al pie de página donde se indicaron posibles errores de redacción, de notación o fallas en las justificaciones.

Esta primera entrega tuvo una calificación entre 1 y 10 y se pidió a los alumnos que para la clase siguiente volvieran a pensar los ejercicios y *rehicieran* en sus hogares el examen, modificando su escrito teniendo en cuenta las observaciones hechas por el docente.

Considerando la importancia que tiene en el aprendizaje el trabajo cooperativo, así como sus ventajas motivacionales, se aclaró a los alumnos que podrían consultarse entre ellos, aunque deberían demostrar su aporte personal en el trabajo realizando una entrega individual del mismo. Esta segunda versión de la evaluación tuvo una nueva nota entre 1 y 10 que se promedió con la primera.

En esta segunda entrega de los ejercicios no se encontró que los alumnos se hubieran “copiado” unos de otros; incluso cometieron errores de cálculo y no todos obtuvieron calificación máxima. Se notó una mejora en los que realizaron consultas con compañeros.

Como pretendimos también tener en cuenta el desarrollo de la autonomía de los alumnos, se les sugirió que consultaran libremente la bibliografía que recomienda la cátedra, tanto para completar el desarrollo de los tópicos teóricos expuestos en clase como para la devolución corregida de la evaluación parcial. Para incentivarlos en el uso de la bibliografía, les entregamos en dos momentos distintos del desarrollo de los temas tratados sendos artículos que trataban sobre “Familias o haz de planos” e “Intersección entre recta y plano, paralelismo y perpendicularidad” solicitándoles que los leyeran para la clase siguiente, en que se trató el tema correspondiente y se efectuó una puesta en común en el pizarrón con los aportes de los alumnos. Cabe aclarar que, en general, todos los alumnos demostraron haber leído los textos que les entregamos, e hicieron consultas en el momento en que planteamos el tema en clase. Algunos alumnos manifestaron haber encontrado muchas dificultades para la comprensión de la lectura, “muchas más” que una clase expositiva del docente.

La devolución se completó resolviendo todos juntos los ejercicios en el pizarrón. Luego de esta segunda entrega del examen, administramos a los alumnos el mismo cuestionario individual que habíamos utilizado con nuestros estudiantes de 2009, que habían realizado una evaluación tradicional, sin segunda entrega, y que habían demostrado que el cambio conceptual en el tema de rectas en el espacio no se había producido más que en muy pocos casos. El cuestionario utilizado es el siguiente:

Indique si son correctas o no las siguientes afirmaciones para rectas en el espacio. Justifica tus respuestas.

a) “Dos rectas con igual pendiente y un punto en común son coincidentes”.

b) “Las rectas $r: \begin{cases} P_0 = (-3, -5, -1) \in r \\ \vec{u} = (1, -1, 2) \parallel r \end{cases}$ y $s: \begin{cases} x = 2 + \lambda \\ y = -10 - \lambda \\ z = -\lambda \end{cases}$ se cortan perpendicularmente”.

c) “Dada la recta $r: \begin{cases} P_0 = (0, -1, 8) \in r \\ \vec{u} = (1, 3, 0) \parallel r \end{cases}$, la recta perpendicular a r que pasa por $(-1, 6, 1)$ es $s: -3x + y - 9 = 0$ ”.

1. Dados la recta $r: \frac{x-2}{3} = \frac{y+1}{-2} = \frac{z}{-1}$ y el punto $A = (7, -6, 4)$ halle

a) la recta s paralela a r que pasa por A

b) la recta t que pasa por A y corta perpendicularmente a r

4. Resultados

La siguiente es una síntesis de los resultados obtenidos en la *primera entrega* de la evaluación, correspondiente a los dos ejercicios sobre rectas y planos:

- En el ejercicio 1) a) 15 alumnos contestaron correctamente, mientras que 6 no respondieron. Entre los desarrollos erróneos más frecuentes efectuados por el resto de los alumnos podemos citar que algunos hallaron la distancia del punto A al plano y no continuaron el desarrollo; otros hallaron la recta perpendicular a π que pasa por B pero no llegaron a ningún otro resultado, y otros concluyeron que había un único punto posible sin fundamentar adecuadamente.
- 11 alumnos respondieron correctamente el ejercicio 1) b) mientras que 13 no lo respondieron. 8 estudiantes afirmaron que se obtienen 2 puntos, mientras que otros respondieron bien sin justificar su respuesta y otros dijeron que existe un único punto en las condiciones pedidas.
- El ejercicio 2) a) fue contestado correctamente sólo por 6 alumnos y 2 no respondieron. La mayoría de los alumnos hallaron un plano α pero tuvieron dificultad para controlar que se cumplieran las tres condiciones solicitadas a la vez.
- El ejercicio 2) b) fue respondido correctamente por 8 alumnos, 5 no respondieron. Algunos alumnos tomaron el vector normal de α como director de t y la mayoría tomó como director de t un vector cualquiera que fuera ortogonal a r .

En la *segunda entrega* de la evaluación que efectuaron estos mismos alumnos la mayoría de ellos ahora contestó correctamente, aunque algunos cometieron errores algebraicos o demostraron no saber cómo justificar adecuadamente sus afirmaciones.

Los siguientes son los resultados obtenidos por 36 de estos mismos alumnos en el *cuestionario individual*:

- El Ejercicio 1) a) fue respondido correctamente por 11 alumnos; un alumno no respondió. 8 alumnos respondieron recurriendo a una idea previa sólo válida en el plano y 11 alumnos respondieron con modelos sintéticos; 1 alumno respondió correctamente pero no justificó y los 4 restantes dieron respuestas incoherentes.
- En el Ejercicio 1) b) 8 alumnos respondieron correctamente. 24 alumnos respondieron con alguna idea previa (6 alumnos sólo demostraron que las rectas se cortaban en algún punto y 18 alumnos sólo demostraron la ortogonalidad de los vectores directores) y 4 alumnos respondieron cometiendo errores varios no representativos.
- En el Ejercicio 1) c) respondieron correctamente 10 alumnos mientras 5 no respondieron. Utilizaron diversos modelos sintéticos 17 alumnos (2 alumnos dicen que “el vector director de la recta s es $(-3, 1, 0)$ ”; 6 alumnos, que “ $(-3, 1, 0) \cdot (1, 3, 0) = 0$, y entonces la afirmación es verdadera”, 4 alumnos afirmaron que “el vector director de s es $(a+1, b-6, c-1)$ ”; 1 alumno dijo que “el vector director de s es $(-3, -9, 0)$ ”, otro, que “el vector director de s es $(1, 3, 0)$ ”, otro, que ese director es $(1, 3, -1)$ y otro que el vector director de s es $(1, 3, 1)$. 1 alumno afirmó que “como la recta está incluida en el plano xy , y $(-1, 6, 1)$ no pertenece a ese plano, entonces no existe tal recta s ”. Un alumno intentó demostrar que $(-1, 6, 1)$ pertenece a la recta s ; otro que ese punto no pertenece a la recta, y un alumno dio una respuesta incoherente.
- En el Ejercicio 2) a) respondieron correctamente 34 alumnos. 1 alumno no respondió y otro dio una respuesta incoherente.
- En el Ejercicio 2) b): 23 alumnos respondieron correctamente y no respondieron 4 alumnos. 1 alumno explicó cómo lo haría pero no resolvió. 2 alumnos tomaron como vector director de s un vector cualquiera ortogonal al vector director de r . 1 alumno halló el plano perpendicular a r que pasa por A pero no continuó y 5 alumnos dieron respuestas incoherentes.

El siguiente es un cuadro comparativo de los resultados obtenidos en el cuestionario individual por los alumnos del 2009 y los que realizaron este año la devolución corregida de la evaluación:

		2009	2011
1a	No responde	6 %	3 %
	Responde correctamente	2 %	33 %
	Responde con idea previa	63 %	34 %
	Responde con modelos sintéticos	29 %	30 %
1b	No responde	10 %	0 %
	Responde correctamente	6 %	22 %
	Responde con idea previa	57 %	67 %
	Errores varios no representativos	27 %	11 %
1c	No responde	37 %	4 %
	Responde correctamente	21 %	28 %

	Responde con modelos sintéticos	42 %	68 %
2a	No responde	31 %	3 %
	Responde correctamente	54 %	94 %
	Errores varios no representativos	15 %	3 %
2b	No responde	42 %	11 %
	Correcto	2 %	64 %
	Correcta incompleta	2 %	3 %
	Modelos sintéticos	27 %	8 %
	Errores varios no representativos	27 %	14 %

5. Conclusiones

Como nos muestra el cuadro comparativo, en esta segunda etapa de nuestro trabajo se obtuvieron mejores resultados que en la anterior: son muchos más los alumnos que dan respuestas correctas, y menos los que no responden.

Concretamente, por ejemplo:

- en el ejercicio 2b) vemos cómo de un 2% que lo contestaron correctamente en el 2009 ahora es un 64% de los alumnos el que da la respuesta correcta;
- en el 1c), aumenta de un 42% a un 68% el número de alumnos que contesta usando un modelo sintético lo cual, si bien no constituye una respuesta correcta, significa un progreso con respecto a responder utilizando una idea previa sólo válida en el plano.
- en el 2b) disminuyó la cantidad de alumnos que responde con modelos sintéticos en beneficio de los que responden correctamente.

Si bien es necesario tener en cuenta el alcance limitado de estas conclusiones, puede decirse que el trabajo sobre la devolución de la evaluación tuvo una influencia positiva en este grupo de alumnos en el proceso hacia el cambio conceptual.

En la devolución del examen se orienta a los alumnos en función de sus propios errores. Ese *feedback* es, por lo tanto, coherente con los aprendizajes alcanzados y los que aún resta por lograr, y es útil a la vez para reorganizar y completar el proceso de aprendizaje.

Creemos en el *carácter formativo* de la evaluación, ya que el centro de los procesos de enseñanza y aprendizaje debe ser el aprendizaje del alumno, incluyendo el cambio conceptual a alcanzar; por esta razón los errores cometidos por ellos deberían ser considerados como *constructivos* y *formativos* en dicho proceso de aprendizaje. También consideramos importante el intercambio de opiniones entre docentes y alumnos en el momento de la *devolución* final del examen: “*la evaluación no se termina cuando en el parcial consignamos la nota obtenida por el alumno, al contrario, en muchos casos es allí donde recién comienza.*” (Tedesco, 2007)

Acordamos con Álvarez Valdivia (2008) en que “*la evaluación orientada al aprendizaje enfatiza la necesidad de la promoción del aprendizaje a través de la evaluación, ponderando la función formativa y el feedback sobre la función sumativa y la calificación*”.

6. Referencias

Álvarez Valdivia, I. (2008). Evaluación del aprendizaje en la universidad: una mirada retrospectiva y prospectiva desde la divulgación científica. *Revista Electrónica de Investigación Psicoeducativa*, 14, 6(1): 235-272.

- Camilloni, A., Celman, S., Litwin, E. y Palou, M. del C. (1998). *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*. Paidós.
- Carlino, P. (2003). Reescribir el examen: transformando el “epitafio” en una llamada a pie de página. *Cultura y Educación* 15 (1): 81-96
- Carlino, P. (2005). *Escribir, leer y aprender en la universidad. Una introducción a la alfabetización académica*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica de Argentina.
- del Puerto, S., Minnard, C. y Seminara, S. (2007). Identificación y clasificación de los errores cometidos por los alumnos en el aprendizaje del Álgebra y la Geometría Analítica. *Elementos de Matemática, Publicación Didáctico Científica de la Universidad CAECE* 21 (81): 5-14.
- del Puerto, S. y Seminara, S. (2010). Las concepciones erróneas y el cambio conceptual en el aprendizaje de la Geometría Analítica. *Premisa, Revista de la Sociedad Argentina de Educación Matemática (SOAREM)* 12 (44): 25-35.
- Díaz Barriga, A. (1994). Una polémica en relación al examen. *Revista Iberoamericana de Educación*. Número 5. Calidad de la Educación. Disponible en: <http://www.rieoei.org/oeivirt/rie05a05.htm>
- Gil Pérez, D. y de Guzmán, M. (1993). *Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. Tendencias e Innovaciones*. Parte II.4: La necesidad de innovaciones en la evaluación. *Biblioteca Virtual Organización de Estados Iberoamericanos*. Disponible en: <http://www.oei.org.co/oeivirt/ciencias.pdf>
- Pano, C., Fridman, C., Rodil Martínez, A., Torre, V. y Zion, M. (2010). *Apuntes sobre innovación en educación universitaria*.
- Tedesco, F. (2007). Devolución: instancia de aprendizaje. *Revista Iberoamericana de Educación*. (OEA). Versión digital. Disponible en: <http://www.rieoei.org/deloslectores/1904Tedesco.pdf>