



Educación Matemática

ISSN: 1665-5826

revedumat@yahoo.com.mx

Grupo Santillana México

México

Pinedo Vega, José Luis; Rivera Huizar, Armilde; Presbítero Perales, Analeni
Opinión de los estudiantes de QFB sobre la importancia de las matemáticas en su formación
profesional

Educación Matemática, vol. 15, núm. 3, diciembre, 2003, pp. 77-89

Grupo Santillana México

Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40515305>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Opinión de los estudiantes de QFB sobre la importancia de las matemáticas en su formación profesional

José Luis Pinedo Vega, Armilde Rivera Huizar y Analeni Presbítero Perales

Resumen: A nivel superior, el aprendizaje de las matemáticas comprende una problemática específica de cada licenciatura o programa universitario y, como tal, merece una atención especial. En este trabajo retomamos el enfoque de *matemáticas significativas* para dar relevancia a la pertinencia de las matemáticas en las ciencias experimentales y, en particular, en la formación profesional del Químico Farmacéutico Biólogo (QFB). Posteriormente presentamos un análisis de la percepción sobre la importancia, concepción y problemas del aprendizaje de las matemáticas de los estudiantes de QFB de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

Palabras clave: Aprendizaje, matemáticas significativas, ciencias experimentales.

Abstract: At undergraduate level, the process of learning mathematics involves a particular set of problems, depending on the branch of science and technology being the subject of the bachelor studies, and this is the reason why each of them deserves special attention. In this paper we retrieve the *significant mathematics* approach in order to highlight the relevance of mathematics in experimental science, and particularly in those branches like Chemistry, Pharmacology and Biology. Afterwards, we analyze the students point of view about mathematics teaching problems at QFB program of the Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

Keywords: Learning, significant mathematics, experimental sciences.

INTRODUCCIÓN

En el momento en que hay que definir la orientación de un bachillerato o una carrera profesional, se pone de manifiesto el hecho de que existen en los estu-

Fecha de recepción: diciembre de 2001.

diantes diferentes niveles de aceptación por las ciencias y en particular por las matemáticas. A las licenciaturas de Matemáticas, Física e Ingeniería llegan, sin duda, los estudiantes que ostentan los mayores niveles de aceptación; actitud que no elimina problemas de aprendizaje, simplemente significa una menor resistencia. Mientras tanto, en licenciaturas como Químico, Farmacéutico, Biólogo, la resistencia es tal que se traduce en bajos rendimientos y causa de deserción.

El aprendizaje de las matemáticas no se reduce sólo al análisis de los obstáculos que se le presentan, sino sobre todo a la búsqueda de una buena apropiación del conocimiento por estudiantes destinados a desarrollarse en un mundo de resultados experimentales. Como sabemos, las ciencias experimentales han alcanzado un nivel de matematización impresionante gracias a la formación teórica de científicos, la cual les permite visualizar la conjugación de las matemáticas con diversos fenómenos naturales. En consecuencia para estar acorde con la ciencia actual, la educación tiene que plantearse como objetivo mínimo la formación de profesionistas con capacidad de entender la matematización de las ciencias experimentales.

En este trabajo, retomamos las matemáticas desde el punto de vista de su *efectividad*. Bajo esta óptica, se definen *las matemáticas significativas*, que expresan con mucha nitidez la riqueza de las matemáticas, su papel motriz en el desarrollo del conocimiento, su vinculación con otras disciplinas científicas y su importancia en la enseñanza.

Posteriormente, enfocamos nuestro análisis sobre los problemas de la enseñanza de las matemáticas en los estudiantes de QFB de la Universidad Autónoma de Zacatecas. En la búsqueda de una aproximación al problema, hemos diseñado una encuesta con la que pretendemos conocer la percepción de las matemáticas que tienen los estudiantes y definir la naturaleza de los obstáculos del aprendizaje en los diferentes niveles de la carrera.

LA EFECTIVIDAD DE LAS MATEMÁTICAS

A primera vista, las matemáticas aparecen como un conjunto de símbolos regidos por reglas precisas. Sin embargo, los símbolos que los matemáticos escriben en un papel no son otra cosa que traducciones de ideas que resultan de sus reflexiones. Se puede, entonces, distinguir las matemáticas escritas o formales del pensamiento matemático que constituye la fuente de las matemáticas formales.

Pero esta distinción no parece ser suficiente. Hay que tener en cuenta el hecho de que hay matemáticas que permiten resolver problemas complicados, hay matemáticas que comprenden en sí métodos e ideas generadoras de teorías matemáticas –ejemplo de ellas sería la teoría de funciones, la teoría de nudos, los números complejos, etc.–, y hay matemáticas que, por extensión o generalización artificial, generan teorías matemáticas ya conocidas. Justamente Jean Dieudonné ha formulado esta distinción, dando el nombre de *matemáticas significativas* a las matemáticas fecundas (las dos primeras) y *matemáticas vacías* a las matemáticas redundantes, por decirlo de alguna manera (Dieudonné, 1982, pp. 15-38).

El éxito de la física clásica y después de la relatividad y de la mecánica cuántica hicieron evidente la efectividad de las matemáticas, concepto que paulatinamente se ha extendido a otras disciplinas de las ciencias naturales (véase Murray, 1989) e incluso de las ciencias humanas.

Este concepto de efectividad fue definido desde 1960 (Wigner, 1960). Una teoría matemática completamente eficaz es aquella dotada de capacidad: *retrodictiva*, *predictiva*, *explicativa* y *generativa* (Lambert, 1999, pp. 48-55).

- La capacidad *retrodictiva* esta relacionada con la reproducción de resultados y su organización en torno a un formalismo matemático o modelo; tal es el caso del ajuste de puntos experimentales mediante alguna técnica de ajuste, como mínimos cuadrados, regresión lineal, etcétera.
- La capacidad *predictiva* se manifiesta cuando las matemáticas sugieren la realización de un experimento u observación y se prevén resultados numéricos. Un buen ejemplo de ello fue la predicción de Einstein, en 1913, mediante la teoría general de la relatividad, de la desviación de la luz al pasar cerca de un astro cualquiera por el efecto de la gravedad. Este efecto se comprobó en mayo de 1919, cuando se hizo evidente el cambio de posición aparente, durante un eclipse, de las estrellas cuya luz pasa en la vecindad del sol.
- La capacidad *explicativa* radica en la posibilidad de explicar fenómenos. *Predecir no es explicar* (Thom, 1991). Para que una teoría sea verdaderamente eficaz en ciencias, debe aportar una explicación al fenómeno del que se trate. Un ejemplo de ello fue la explicación, también de Einstein, del efecto fotoeléctrico.
- La capacidad *generativa* radica en la posibilidad de engendrar ideas o conceptos o teorías potencialmente importantes.

No se puede esperar que toda teoría matemática reúna estas cuatro capacidades; simplemente es más efectiva en la medida en que reúne el máximo de capacidades. La teoría del campo unificado, formulada por Hermann Wyl en 1918, no fue completamente eficaz en relación con sus predicciones experimentales; sin embargo, fue el punto de partida de la física de partículas.

Para que una matemática sea eficaz, es necesario que el dominio estudiado exhiba invariantes naturales asociadas a relaciones, transformaciones, etc. La física es matemáticamente eficaz, puesto que se establece sobre numerosas invariantes –energía, momentum, momento angular, etcétera.

Así, la relatividad general es eficaz para describir la gravitación, en parte porque se funda sobre un formalismo y describe invariantes –el cálculo tensorial–. La mecánica cuántica es eficaz, porque se funda sobre ciertas matemáticas significativas –la teoría del álgebra de operadores, la teoría de los espacios de Hilbert–, pero también porque explica resultados experimentales –inicialmente los espectros de Balmer y Rydberg–.

En general, la eficacia de las matemáticas se alcanza paulatinamente a través de las infiltraciones empíricas que adaptan progresivamente ciertas partes de esas matemáticas en la descripción de fenómenos.

EL QUEHACER MATEMÁTICO Y SU TRANSPOSICIÓN AL APRENDIZAJE

Evidentemente, el quehacer matemático no está al alcance de toda clase de especialistas, ni de todos los científicos, ni siquiera de todos los matemáticos. La profundidad que alcanzan hoy en día las matemáticas es tal, que los propios matemáticos dedican prácticamente su atención en campos muy específicos. Por otra parte, una cosa es el aprendizaje de las matemáticas, otra el trabajo de un matemático y una más, el establecimiento de una matemática eficaz. Como en toda disciplina, el establecimiento de una matemática eficaz difícilmente puede ser trabajo de una sola persona.

Una distinción más que hay que subrayar es que una cosa es el aprendizaje de una disciplina y otra, su desarrollo. Una cosa es el quehacer de la matemática y otra, su aprendizaje. Las matemáticas tienen un carácter múltiple, al mismo tiempo que proveen de herramientas a un estudiante, tienen un carácter formativo, etc., etc. Sin embargo, esta óptica es invisible a los estudiantes. Un gran número de ellos no tiene la mínima disposición de escuchar nada sobre la poten-

cialidad de las matemáticas, lo majestuoso de su estructura, etc. La actitud hacia el aprendizaje es un problema real.

Podría pensarse que el aprendizaje de las matemáticas no tendría ningún obstáculo, si fueran valoradas, entre otras cosas, por su espléndida y elegante arquitectura, o bien, si se pone al estudiante en un buen ambiente donde las facilidades pedagógicas sean prioritarias. De hecho, ambas expectativas, que han sido llamadas *la ilusión lírica* y *la ilusión romántica* respectivamente, tuvieron eco en los años setenta (Joshua y Dupin, 1993). La realidad ha sido otra; es evidente hoy día que la enseñanza de disciplinas complejas y altamente estructuradas escapa a la pedagogía. Los rendimientos en el aprendizaje son relativamente bajos, lo que hace pensar que falta mucho por saber sobre la naturaleza del conocimiento y las condiciones de su apropiación.

Sabemos que el conjunto de símbolos articulados mediante reglas precisas, llamado matemáticas, se adapta al mundo experimental. Lo que también sabemos es que esa adaptación ha sido producto del trabajo de científicos con una sólida formación. Siendo las matemáticas un conjunto de símbolos abstractos articulados por reglas precisas, poseedoras de una enorme capacidad de adaptación a un mundo de resultados experimentales y, no estando en condiciones de abordar el problema desde el punto de vista del *¿cómo* es que las matemáticas han logrado..., nuestro problema fundamental viene a ser el de buscar la mejor apropiación de conocimientos por estudiantes destinados a desarrollarse en ese mundo de resultados experimentales.

Es conveniente destacar el enfoque estrictamente didáctico de este planteamiento. Desde el punto de vista de la didáctica, el contenido de una disciplina que se va a enseñar debe corresponder a la actualidad del conocimiento; en ese contenido debe estar manifiesto el interés institucional y la utilidad social y, en el proceso de aprendizaje, interesan los mayores rendimientos. Así, la matemática no puede impartirse sólo de manera simbólica, tampoco es admisible atiborrar de matemáticas a un estudiante de una formación profesional en ciencias. Esto da relevancia al diseño de los contenidos de cada asignatura. Para la didáctica es inadmisibile que se sacrifique o deforme el contenido de una disciplina en aras de facilitar su aprendizaje.

En las últimas décadas, la enseñanza de las ciencias y las matemáticas ha merecido una atención singular en unos países más que en otros. La preocupación por la enseñanza tiene muchos móviles, uno de ellos es la eficacia desde el punto de vista costo-beneficio. Evidentemente, si se traduce a costos, son importantes el número de grupos, de profesores, de aulas, pero no es menos impor-

tante la calidad del proceso didáctico, la interacción estudiante-profesor-contenido. Ante la imperiosa necesidad de las optimizaciones y racionalizaciones múltiples, todo lo que suene a reforma tiene posibilidades de ser bienvenido. De ahí que existan múltiples intenciones para reformar planes de estudio, contenidos, métodos de enseñanza, etc. Por supuesto, la eficiencia de cualquier reforma puede quedar en entredicho mientras no se atiendan de raíz los obstáculos del aprendizaje.

COMPETENCIA MATEMÁTICA EN LA FORMACIÓN DE LOS QUÍMICOS FARMACÉUTICOS Y BIÓLOGOS

Independientemente de cualquier reforma curricular, la realidad es que existe una resistencia enorme por parte de los estudiantes a invertir en el aprendizaje. Antes de entrar en este tema, establezcamos algunos elementos en relación con la competencia de las matemáticas para el QFB.

Las funciones de varias variables se encuentran en dominios o campos muy diversos de la formación de un estudiante de QFB. Existen ejemplos desde elementales hasta muy complicados. Las funciones de varias variables aparecen en equilibrio químico, termodinámica, mecánica estadística, mecánica cuántica, farmacología, etc. Los siguientes constituyen ejemplos aislados:

- La ley general de los gases ideales

$$V = V(P, T): \frac{V_1 P_1}{T_1} = \frac{V_2 P_2}{T_2}$$

- En termodinámica, el cambio en la *energía interna* (U), la *energía libre de Gibbs* (G) la *entalpía* (H) y la *energía libre de Helmholtz* (A) de un sistema termodinámico son funciones de los componentes del sistema (n_1, n_2, n_3) y de P, V, T y S . Esto es: dU

$$dU = TdS - pdV + \sum_i m_i dn_i$$

$$dG = -SdT + Vdp + \sum_i m_i dn_i$$

$$dH = TdS + Vdp + \sum_i m_i dn_i$$

$$dA = SdT - pdV + \sum_i m_i dn_i$$

el cambio de energía de un sistema está dado por:

$$dE = \frac{\partial E}{\partial V} dV + \frac{\partial E}{\partial T} dT$$

- En la Mecánica cuántica, la ecuación de Schrödinger independiente del tiempo -de donde surgen los orbitales y las configuraciones electrónicas- es una ecuación diferencial parcial, que describe mediante una función de onda ψ la posición de una partícula de masa m -tal como el electrón- en un potencial V con energía total E :

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi + V\psi = E\psi$$

- Las ecuaciones diferenciales son ineludibles en la descripción de la cinética: de las reacciones químicas, del metabolismo de un fármaco o un radiofármaco, o de la eliminación de un contaminante.
- Etcétera.

Todo ello expresa la pertinencia de las matemáticas en la formación de los químicos farmacéuticos biólogos. Así las cosas, en el plan de estudios, están plenamente justificadas las asignaturas de cálculo, ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales, estadística, etcétera.

Evidentemente se trata de matemáticas efectivas.

LAS ACTITUDES DE LOS ESTUDIANTES DE QFB FRENTE A LAS MATEMÁTICAS

Sin ignorar que el análisis sobre la extensión y contenido de los programas de matemáticas en el currículo de los estudiantes de QFB merece una atención muy especial, es evidente que no puede estar en discusión la necesidad de las matemáticas.

En la licenciatura en QFB de la UAZ se imparten cinco cursos de matemáticas: álgebra lineal, cálculo diferencial e integral, ecuaciones diferenciales, probabilidad y estadística y programación y computación, que corresponden en total a 40 créditos de 477 que comprende la licenciatura completa. El plan de estudios o la intención curricular no está, pues, en cuestionamiento. Sin embargo, es ineludi-

ble interrogamos sobre cuáles son los niveles de aceptación de las matemáticas de los estudiantes de QFB.

Para conocer esta respuesta, hemos diseñado una encuesta que aplicamos a 132 de los 384 estudiantes de la carrera de QFB (44 de nuevo ingreso, 21 de 3^{er} semestre, 15 de 4^o semestre, 20 de 5^o semestre, 10 de 6^o semestre y 22 de 9^o semestre). La encuesta se aplicó en agosto de 2001, al inicio del semestre. Los grupos pares corresponden a estudiantes regulares, mientras que los grupos pares son de estudiantes desfasados y repetidores.

La encuesta ha tenido como objetivo principal recuperar la percepción de las matemáticas que tienen los estudiantes, para luego tratar de acotar la naturaleza de los obstáculos del aprendizaje y la posible evolución a lo largo de la carrera (cuadro 1).

Se hicieron preguntas sobre tres rubros, *uno* la importancia que el estudiante concede a las matemáticas en las diferentes profesiones, *dos* el carácter que el estudiante les concede dentro de su formación profesional y su trabajo profesional y *tres* las dificultades de aprendizaje de las matemáticas propias de la relación *estudiante-maestro-conocimiento*. Para ello, la encuesta, sin mencionarlo, contiene tres bloques de preguntas, de la pregunta 1 a la 9 se interroga sobre la importancia que el estudiante concede a las matemáticas; de la 10 a la 14 sobre la concepción de éstas y de la 15 a la 21 sobre los obstáculos que el estudiante encuentra en el proceso de aprendizaje de las matemáticas.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados de la encuesta se presentan en el cuadro 2.

Se puede observar que los estudiantes otorgan un buen nivel de importancia a las matemáticas en el ámbito social y en el nivel profesional. Sorprendentemente, se concede una importancia singular en medicina y biología, calificadas en promedio con 7.1 y 6.9 respectivamente.

En relación con la concepción de las matemáticas –preguntas 10 a 14– está claro que, para los estudiantes, la matemática no se reduce a variables, números y ecuaciones, sino que permiten construir cosas útiles y desarrollar la capacidad de razonamiento del individuo y no aparecen en los programas como relleno en la tira de materias. Aunque se puede observar que los alumnos de los semestres desfasados consideran en mayor proporción a las matemáticas como relleno.

Cuadro 1 Percepción de las matemáticas que tienen los estudiantes de QFB
(Encuesta)

Califique de 0 a 10 su coincidencia con las siguientes aseveraciones:

(0 = no coincide en nada 10 = totalmente de acuerdo)

Escriba con pluma, sin borrar

- | | |
|-----|---|
| 1. | Las matemáticas tienen importancia <i>exclusivamente</i> cultural. |
| 2. | Las matemáticas son importantes en la vida de toda persona. |
| 3. | Las matemáticas son importantes en la sociedad. |
| 4. | Las matemáticas son importantes para los físicos. |
| 5. | Las matemáticas son importantes para los ingenieros. |
| 6. | Las matemáticas son importantes para los químicos. |
| 7. | Las matemáticas son importantes en medicina. |
| 8. | Las matemáticas son importantes para los farmacobiólogos. |
| 9. | Las matemáticas son importantes para los biólogos. |
| 10. | Las matemáticas se reducen a variables, números y ejercicios. |
| 11. | Las aplicaciones de las matemáticas permiten construir cosas útiles. |
| 12. | El estudio de las matemáticas permite desarrollar la capacidad de razonamiento del individuo. |
| 13. | Las matemáticas aparecen en los programas como relleno en la tira de materias. |
| 14. | Las matemáticas deben erradicarse de las carreras de biología. |
| 15. | El problema del aprendizaje de las matemáticas se debe a que no se ve su utilidad. |
| 16. | El problema del aprendizaje de las matemáticas se debe a los malos maestros. |
| 17. | El problema del aprendizaje de las matemáticas se debe a los malos métodos de enseñanza. |
| 18. | El problema del aprendizaje de las matemáticas se debe a la falta de libros. |
| 19. | El problema del aprendizaje de las matemáticas se debe a la falta de dedicación de los alumnos. |
| 20. | El problema del aprendizaje de las matemáticas se debe a la falta de motivación. |
| 21. | El problema del aprendizaje de las matemáticas se debe al lenguaje (fórmulas, ecuaciones, símbolos, operaciones, reglas, etcétera). |

Cuadro 2 Resultados de la encuesta sobre la imagen de las matemáticas en los estudiantes de QFB de la FCQ-UAZ										
Pregunta	Tema	Grupo								
		1° A	1° B	3°	4°	5°	6°	9	Promedio	
1	Excl. cultural	3.5	3.3	2.9	1.3	0.5	4.0	2.3	2.5	
2	Personal	10	10	8.6	9.3	9.5	10	8.2	9.4	
3	Social	8.5	9.2	8.2	10	8.5	9.0	8.6	8.9	
4	en Física	9.5	10	10	10	10	9.0	9.1	9.7	
5	Importancia	10	10	10	10	10	9.0	9.5	9.8	
6	Química	10	10	10	9.3	9.5	8.0	9.1	9.4	
7	Medicina	8.0	8.3	6.2	7.9	7.0	4.0	8.6	7.1	
8	Farmacobiología	10	10	8.6	9.3	9.0	7.0	9.1	9.0	
9	Biología	6.5	8.3	7.1	8.0	7.0	3.0	8.2	6.9	
10	Mecánica	5.0	5.0	4.3	2.7	4.5	6.0	5.0	4.6	
11	Lógico constructiva	10	9.6	10	8.7	9.5	10	9.1	9.6	
12	Formal	10	9.6	9.5	8.7	9.5	9.0	9.1	9.3	
13	Es un relleno curricular	1.5	1.7	1.9	2.7	3.0	4.0	1.4	2.3	
14	Erradicarse	4.5	2.5	3.3	3.3	1.0	2.0	4.5	3.0	

15	Problemas de aprendizaje	No se ve su utilidad	4.5	5.8	7.1	7.3	6.5	6.0	4.1	5.9
16		Malos maestros	4.0	3.8	4.8	6.0	6.0	9.0	6.4	5.7
17		Malos métodos de enseñanza	6.0	7.1	7.1	6.7	7.0	9.0	7.7	7.2
18		Bibliografía	2.5	0.80	3.8	2.0	2.0	3.0	3.2	2.5
19		Dedicación	9.5	9.6	9.0	10	8.5	6.0	7.3	8.6
20		Motivación	7.5	8.8	8.1	9.3	8.0	9.0	8.6	8.5
21		Lenguaje	7.0	9.6	4.3	5.3	4.5	3.0	5.5	5.6

En resumen, los estudiantes encuestados, en conjunto, tienen una concepción muy buena de las matemáticas y les conceden una gran importancia en diversas profesiones. Esto significa que el estudiante está consciente del papel de las matemáticas. Pero ¿por qué entonces los bajos rendimientos? La explicación parece estar expresa en el tercer bloque de respuestas.

En relación con los problemas de aprendizaje, las respuestas exhiben una cierta dispersión; lo que puede ser indicativo de las diferentes percepciones sobre las dificultades del aprendizaje. Aun así, se pueden apreciar ciertas tendencias:

- las respuestas más contundentes están en relación con las preguntas 19, 20 y 17, cuyas notaciones son 8.6, 8.5 y 7.2 respectivamente. Ello significa que los estudiantes encuestados señalan su falta de dedicación y la falta de motivación como los problemas principales de su aprendizaje y en seguida cuestionan los métodos de enseñanza (pregunta 17).
- una notación de 5.9 a la pregunta 15 puede ser indicativa de que lo que se ve en los cursos de matemáticas no se aplica en los cursos de las otras disciplinas.
- el problema de los malos maestros (pregunta 16), aunque en promedio se le asigna una calificación de 5.7, visto en detalle muestra que los estudiantes de nuevo ingreso son los que menos culpan a los maestros; en contraste, los del 6º semestre (repetidores) son quienes más los culpan;
- algo que puede resultar significativo son precisamente las respuestas de los alumnos de 6º semestre, que señalan a los malos maestros, los métodos de enseñanza y la falta de motivación como los problemas principales en su aprendizaje; este grupo no reconoce la falta de dedicación en la misma proporción que los demás;
- y no señalan como problema la bibliografía (pregunta 18).

Por otro lado, no se puede concluir gran cosa con relación a si los estudiantes cambian de opinión a lo largo de sus estudios.

Es necesario subrayar que los resultados no pueden extrapolarse a estudiantes de otras entidades.

Parece claro, en esta población muestral, que el problema del rendimiento se ubica en el ámbito de la dimensión afectiva del estudiante hacia las ciencias, donde tiene una importancia vital la motivación como parte formadora de la actitud. De ahí que el papel del profesor siga siendo relevante, aunque evidentemente no depende de él una solución completa. Propiciar un cambio de actitud implica modificar los elementos en los que se sustenta una conducta. Por prin-

cipio, la actitud es una decisión personal que, para ser modificada, requiere convencimiento. El papel de la educación –en este caso la superior– tiene que incidir, entre otras cosas, en presentar a la ciencia como un vehículo cultural y social. Evidentemente, en el caso de las matemáticas esa función no solo compete a los profesores de matemáticas. Los profesores de otras disciplinas deben desempeñar también un papel importante en mostrar la efectividad de la matemática en su disciplina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dieudonné, J. (1982), “Mathematiques vides et mathematiques significatives”, en *Penser les mathématiques*. Seminaire de philosophie et mathématiques de l'Ecole normal supérieure, París, Seuil, pp. 15-38.
- Joshua, S. y J. J. Dupin (1993), *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*, Presses Universitaires de France, p. 1.
- Lambert, D. (1999), “L'incroyable efficacité des Mathématiques”, *La Recherche*, núm. 316, pp. 48-55.
- Murray, J. D. (1989), *Mathematical Biology*, Berlín, Springer-Verlag.
- Thom R., *Predire n'est pas expliquer*, París, EsHel, 1991.
- Wigner, E. P. (1960), “The unreasonable effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences”, *Communication on Pure and Applied Mathematics*, vol. XII, pp. 1-14.

DATOS DE LOS AUTORES

José Luis Pinedo Vega

Centro de Ciencias Químicas y Centro Regional de Estudios Nucleares.
Universidad Autónoma de Zacatecas, México
jlpinedo@cantera.reduaz.mx

Armilde Rivera Huizar

UAEP de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México
ariverah@cantera.reduaz.mx

Analeni Presbítero Perales

Estudiante de QFB en la Universidad Autónoma de Zacatecas, México
analeni3@yahoo.com.mx

www.santillana.com.mx/educacionmatematica