APUNTES DE matemáticas

ALGUNAS PINCELADAS EN EL CAMINO DE LAS MATEMÁTICAS DE COMIENZOS DEL SIGLO XXI

Quizá nunca antes en la historia han podido existir tantos matices, singularidades y, por qué no decirlo, diferencias, en la enseñanza y el aprendizaje de las Matemáticas. Algunos profesores son entusiastas de las nuevas tecnologías, comenzando por la más sencilla como es una calculadora de bolsillo, haciendo de ésta una herramienta imprescindible para los estudiantes en la resolución de ejercicios y problemas. Sin embargo, hay otros profesores que ignoran esas tecnologías, marginándolas e incluso algunos llegan a prohibir el uso de las mismas.

No se trata aquí de juzgar ni a unos ni a otros, pero sí de hacer aflorar estas diferencias tan significativas que conllevan sin duda a aprendizajes muy dispares de los estudiantes en la Enseñanza Secundaria y el Bachillerato donde, además, la formación e interiorización matemática es esencial para el futuro estudiante universitario de ciencias e ingeniería. Qué pocas áreas del saber no utilizan e investigan con las Matemáticas.

Es una realidad incontestable que en los últimos diez o quince años las investigaciones en diferentes ramas de las matemáticas han abierto caminos, hasta ese momento impensables, mediante la construcción de modelos que han permitido conocer la realidad en múltiples campos del saber y han hecho de los matemáticos una pieza imprescindible en grupos multidisciplinares de investigación.

Por ello, es una obligación del profesor de Matemáticas actualizar su formación y conocer e interesarse aunque sea de forma superficial –dada la complejidad implícita de muchas de ellas– en qué se investiga y en las diversas áreas en las que está presente. Difícilmente se puede informar a los estudiantes de algo que se desconoce y que sin duda es esencial para una formación matemática completa.

Cada vez más ramas como la psicología, la medicina, la economía, alejadas de lo que matemáticamente se podían considerar más afines como las ingenierías, manejan con un desconocimiento preocupante las Matemáticas, asumiendo que cualquiera puede abordarlas y enfrentarse a esos problemas. Pero también es verdad, que el matemático debe procurar analizar cuidadosamente y estudiar todos aquellos campos donde las Matemáticas pueden y deben aportar sus conocimientos. Es pues imprescindible el trabajo en equipo. Las Matemáticas no son una isla. Los compañeros de otras áreas nos necesitan y nosotros a ellos. Los platos que cocinamos no son de un solo cocinero.

Es verdad que la época que nos ha tocado vivir es a veces hostil y poco motivante para el profesor. No anima a superarse, bastante tenemos los profesores con salir indemnes del aula y hacer en muchos casos verdaderos esfuerzos para sobrellevar el día a día. Aún así, creemos que no basta con quejarse de las distintas administraciones de los posibles fracasos educativos, cuya gran parte de la culpa sin duda la tienen, pero para lo bueno y para lo malo, cada profesor desde su aula, desde su centro, desde su asignatura no puede olvidar que le han encargado la tarea apasionante y vibrante de educar en general y, en particular, de educar a través de las Matemáticas.

Por ello, desde este seminario queremos provocar el interés, avivar la curiosidad y entusiasmar con la formación y la información de la cosa matemática. Los artículos que figuran en las siguientes páginas son una pequeña muestra de lo que llevamos pretendiendo en los últimos años.

Antonio Nevot y Roberto Rodríguez
Coordinadores del Seminario de Matemáticas del CDL

CONTENIDO

MATEMÁTICAS PARA TIEMPOS DE CRISIS

Enrique Zuazua
Director del Basque Center for Applied Mathematics (BCAM)

Los números parecen haberse rebelado. ¿Se han vuelto locos o lo hacen de manera orquestada? Los colores han cambiado y los azules y rojos propios del haber y deber parecen haber cambiado sus roles. Los índices han cambiado de signo. Los precios, el IPC y las hipotecas bajan y con ellos todos los demás indicadores económicos. Simultáneamente baja también la tasa de empleo y aumenta el número de familias que vive la angustia de no llegar al final de mes, un día tras otro. Verdades que hasta ahora parecían ser inmutables se han venido abajo. Ya no es verdad que los precios de los pisos siempre suban, por ejemplo.

Apunto de acabar la primera década del euro nos encontramos pues con una crisis económica particularmente virulenta. Ahora que ya se ha producido y que nadie discute su existencia y dimensión nos damos cuenta que llega en el peor momento. Los precios en nuestro entorno, arrastrados al alza por el efecto euro y un modelo de consumo de huida hacia adelante permanente, han alcanzado niveles en los que ya nada es barato, ni el pan, ni las patatas y esto es particularmente grave para las familias en las que uno o varios de sus miembros han perdido su empleo. Y estas son cada día más numerosas. Desafortunadamente, acrónimos como ERE ya a nadie le resultan desconocidos.

Las constituciones europeas garantizan el derecho al trabajo y a la vivienda pero en estos momentos son mero papel mojado. ¡El dinero se ha volatilizado! Nadie pensaba que fuera posible. ¡Pero ha ocurrido!

Como ciudadanos y por tanto primeros afectados, observamos atentos el comportamiento de los responsables de las políticas económicas y constatamos que los hay de al menos tres tipos. Los que se ocultan tras las cortinas hasta que escampe. ¿Por qué ya no salen en la tele? Los que escrutan rigurosamente los indicadores para determinar el mínimo o cero absoluto previsible para así diseñar medidas y remedios suficientemente agresivos y eficaces y, por último, quienes desde la política, más de la buena voluntad y del talante que desde el control de la situación, nos hablan de «brotes verdes» como si de una huerta se tratara. Eso sin contar los que ya han echado la toalla.

Todo esto plantea un interesante dilema, ¿Estamos ante un invierno, particularmente duro tal vez, pero estacional y pasajero al fin y al cabo, o ante una de esas glaciaciones que han esculpido las mayores cicatrices en la evolución de las especies? Nadie se atreve a contestar.

Pero hay claros indicios de que esta crisis exige respuestas que van más allá de las medidas paliativas y así se nos habla también de «cambios en los modelos económicos y productivos». Eso suena mejor y, desde luego, mucho más científico y en particular matemático. Pero, ¿quién se atreve a dar forma y contenido a esos cambios?

Los matemáticos sabemos que los números por sí solos no dicen nada. Hay que saber interpretarlos y eso ha de hacerse en base a un modelo. Un modelo es como un juego de sociedad, un conjunto de reglas que establecen las posibles interacciones, las relaciones causa-efecto, de modo que a partir de datos podamos extraer conclusiones y previsiones e incluso optimizar estrategias. Al cambiar de modelo los mismos mimbres permiten nuevas configuraciones. ¡Y de eso se trata!

No es pues cuestión de esperar pasivamente a que pase la tormenta, sino de tomar medidas para salir antes de la zona afectada por las inundaciones y hacerlo con fuerza, con visión y proyecto, dueños del futuro. Dicho eso, ¡a ver quien le pone el cascabel al gato!

Obama, como presidente de los Estados Unidos, se esfuerza. Es más que probable que haya sido allí donde se empezó a abusar del modelo anterior que ha acabado consigo mismo tras la explosión de la última burbuja. Pero es cierto también que es allí donde antes se reconoció la crisis y se empezaron a diseñar y tomar nuevas medidas. Aquí no, ¡faltaría más!. Primero decimos que no hay crisis, después que no es para tanto, más tarde amagamos con eufemismos, para luego ponernos a hablar de otras cosas... ¿Acaso todo esto no denotará una cierta falta de ideas? ¿Tal vez nuestros políticos no estén esperando, simple y llanamente, a ver si se le ocurre algo a Obama? Si no es así, desde luego lo parece. Conviene también hacer un ejercicio de humildad, y no olvidar tampoco que es en España donde de manera más grosera se ha abusado del modelo anterior: a ladrillazos, nunca mejor dicho.

Los matemáticos llevamos siglos trabajando con modelos en los que reina la incertidumbre, lo borroso y lo complejo y en esta situación nos sentimos «en nuestra salsa».

Pero la problemática del escenario económico es más delicada y escurridiza aún de lo que estamos acostumbrados a manejar cuando analizamos los fenómenos de la naturaleza o las estructuras de la ingeniería. Aquí topamos con la psicología de las personas y la sociología de los pueblos y los modelos matemáticos son más difíciles de afinar. Estamos en el fascinante mundo de la interacción de las Matemáticas y de las Ciencias Sociales. Tal vez por eso se nos habla de «brotes verdes», por si suena la flauta y se genera un tsunami de entusiasmo que sacuda y despierta nuestra maltrecha economía. Pero mucho me temo que hayamos de dar con respuestas algo más científicas y elaboradas.

La interacción entre Matemáticas y Ciencias Sociales no es nueva y proporciona recetas que en el ámbito de la gobernanza podrían resumirse en «la conquista del futuro». Las instituciones académicas y de investigación líderes, por ejemplo, saben que las respuestas están en el futuro. Se trata por tanto, no de llegar antes, pues el calendario y el reloj avanzan para todos por igual, sino prever antes el futuro, visualizarlo para poder incidir en su diseño y así llegar al mismo tiempo que los demás pero mejor colocados. El liderazgo no se puede mantener a base de la repetición de procesos, por mucho que estos hayan sino afinados, sino de la innovación. Copiar los diseños de hoy es fácil pero la creación de los futuros está sólo en manos de unos pocos.

Esa conquista del futuro exige revisar nuestro modelo, analizando cuáles son los axiomas que no han funcionado, y estableciendo nuevos principios. Es necesario un nuevo marco regulatorio. Por ejemplo, hace falta que el éxito en lo económico esté más asociado al esfuerzo y al acierto que a la especulación.

Es muy tentador para quien gobierna simplificar. La situación actual es tan compleja que es muy difícil siquiera mantener todas las cartas de la baraja en la mano. De ahí la tentación. Por si fuera poco, es bien sabido que es fácil resistirse a todo, menos a la tentación… Pero las Matemáticas también nos advierten del peligro de la sobresimplificación. Al hacerlo podremos conseguir hacer fácil lo difícil, pero acabaremos ahogando la realidad y nosotros en ella, a través de falsas soluciones. No hay atajos. Los problemas no resueltos vuelven siempre a la superficie, tercamente, y los mal resueltos son futuros pinchazos asegurados en plena autopista.

Tenemos que llegar al futuro ligeros de equipaje pero no podemos confundir el patrimonio con el lastre. Hacer la maleta a la hora de viajar siempre es un engorro. Pero esta nos tiene que salir bien y constituye uno de los temas centrales del debate político actual.

Pero volviendo al ámbito de lo académico que es en definitiva al que nos dedicamos, en nuestro entorno, en lo que a la Universidad se refiere, ahora que tanto se habla de Bolonia, parecería que todo es cuestión de normativas. ¿No sería mejor empezar ya a enseñar lo que nuestros jóvenes descubrirán dentro de unos años que desean estudiar porque les apasiona y además lo necesitan? Pero eso es precisamente lo difícil y lo que hace que algunas instituciones académicas sean siempre líderes, año tras año, en cada ranking. ¿No será algo así lo que hacen nuestros famosos cocineros? Tal vez a ellos debiéramos preguntar.

En el ámbito de la investigación ocurre algo parecido. Es el momento de estimular la investigación vanguardista, de excelencia, no con afán elitista sino, todo lo contrario, en la convicción de que es así como se tira para arriba de la pesada pirámide del conocimiento a todos los niveles.

Ya lo dijo Leonardo da Vinci: «No hay certidumbre donde no puede aplicarse el método matemático». O sea que, quien quiera seguridad, que eche mano de las Matemáticas. La patronal y los sindicatos ya han sido convocados. Yo llamaría también, por si acaso, a los cocineros y a los artistas.

MODELOS MATEMÁTICOS DE AYUDA A LA DECISIÓN EN LOGÍSTICA HUMANITARIA

Begoña Vitoriano, María Teresa Ortuño, Gregorio Tirado, Javier Montero, Juan Tinguaro Rodríguez
Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Facultad de CC. Matemáticas, Universidad Complutense de Madrid

Desde el principio de la historia los desastres naturales han azotado continuamente a la Humanidad, y el ser humano ha aprendido a enfrentarse a los impactos y a las consecuencias de estas catástrofes. Gracias a nuestra capacidad de aprendizaje, se han desarrollado nuevas herramientas y técnicas que han ayudado a protegerse de dichos acontecimientos, y según el transcurso del tiempo se han diseñado y mejorado nuevos instrumentos de ayuda. Sin embargo, y a pesar del incremento del esfuerzo y de la conciencia del ser humano para evitar futuras catástrofes, seguimos padeciendo numerosos desastres, en los que el ser humano participa tanto activa como pasivamente, y que durante los últimos años han registrado un incremento tanto en su número como en sus consecuencias.

Frente a estos desastres, es necesario considerar la situación actual en la que vive la mayor parte de la población mundial. Según el informe Mundial sobre Desastres, algo más de 4.500 millones de personas viven en situación de precariedad. Si añadimos que una gran parte de las catástrofes naturales se dan en zonas en vías de desarrollo, las consecuencias de las mismas son devastadoras. Las consecuencias de un desastre varían enormemente en función del nivel de desarrollo humano de los países afectados. En la última década, la media de muertos por desastre fue de 44 en países de alto desarrollo humano y de 300 en países en vías de desarrollo. Dichos desastres a menudo sobrepasan la capacidad de respuesta de las organizaciones de la zona, de modo que se requiere la cooperación internacional para atender a las zonas afectadas. Esta atención ha de darse con un mínimo de calidad como se recoge en el Proyecto Esfera (2004). Gracias a las comunicaciones actuales, las noticias de estas tragedias llegan a la comunidad internacional en minutos, y la ayuda se puede movilizar en cuestión de horas. Este caudal de ayuda inmediata puede beneficiar considerablemente a un país devastado por un desastre. El compromiso de atender dichas necesidades requiere de una logística que asegure la eficacia de las actuaciones acometidas, y la eficiencia de los medios invertidos. Por otra parte, y cada vez más, la transparencia hacia los donantes resulta un elemento particularmente relevante, siendo SUMA (Ariñes-Voets (2003)) la única herramienta estándar utilizada por las ONGs para el control del inventario de ayuda humanitaria. Esto muestra que, así como la logística empresarial ha sido objeto de múltiples estudios, la logística humanitaria está mucho menos desarrollada.

Dentro de las labores de intervención hay una gran variedad de problemas a resolver, con un fin común pero objetivos parciales distintos (búsqueda de medios, gestión de alojamientos temporales, distribución de la ayuda…) Las matemáticas, especialmente la investigación operativa, son una poderosa herramienta para desarrollar modelos de ayuda a la decisión en estos problemas, tal y como se ha visto en la logística empresarial.

El equipo de la Universidad Complutense de Madrid está desarrollando un sistema integral para la ayuda a la toma de decisiones en logística humanitaria, basado en modelos parciales. Hasta el momento, dos son los problemas que se están abordando. Por una parte, el desarrollo de una herramienta para ayudar a tomar decisiones estratégicas que se toman inmediatamente después de conocer que se ha producido un desastre debido a causas naturales, y, por otra, el desarrollo de un sistema para ayudar en la toma de decisiones que surgen en la distribución de ayuda humanitaria sobre el terreno, una vez que los bienes ya están en el país de destino.

SEDD (Rodríguez et al. (2009)) es la herramienta de ayuda en la toma de decisiones estratégicas, siendo un sistema de predicción y diagnóstico. El modelo supone conocidos el tipo de desastre, la magnitud en unidades apropiadas (escala Richter para terremotos, velocidad del viento para huracanes…) y una medida de la vulnerabilidad de la zona, e intenta dar una estimación de la magnitud de las consecuencias en términos de fallecidos, heridos, personas sin hogar, otros afectados, y coste. La elección de estas variables viene dada por la base de datos, EM-DAT (CRED (2009)), que se utiliza como conocimiento histórico para desarrollar el modelo de inferencia. La medida de vulnerabilidad es la más difícil de obtener, utilizándose el Índice de Desarrollo Humano (UNDP (2008)), que es un dato por país que es modificado, si es conocido, según sea la zona afectada dentro del país. Dada la alta imprecisión, falta de fiabilidad de los datos e incertidumbre con la que se trabaja la herramienta está basada en lógica difusa.

Volcán Masaya (Nicaragua) 2009

HADS (Vitoriano et al. (2008) es el modelo para la distribución de ayuda humanitaria sobre el terreno. Se basa en el uso de un mapa logístico que es un grafo cuyos nodos representan ciudades y las conexiones entre ellos carreteras o caminos, y que incluye la demanda de ayuda en unos nodos (poblaciones afectadas), la oferta en otros (aeropuertos, puertos o almacenes), la disponibilidad de vehículos, y datos sobre las conexiones como distancia, estado, riesgo de asalto… Se manejan también diferentes tipos de vehículos según sus características técnicas (capacidad, velocidad, coste…). Este complejo problema de rutas se modela como un problema de flujo que puede ser resuelto a gran velocidad, un requisito imprescindible para esta herramienta. Por otra parte, se plantea mediante decisión multicriterio, ya que existen criterios propios de la intervención que confluyen a la hora de tomar una decisión como son el tiempo de respuesta, el presupuesto, la fiabilidad en la llegada de los envíos, el riesgo de asalto, la equidad en el reparto o la prioridad de alguna zona. El problema de rutas ya es de por sí difícil de resolver, pero cuando varios criterios dirigen la búsqueda, el problema resulta más complejo, pero mucho más real y útil para las organizaciones.

Parque Nal. de las Quirimbas (Mozambique)

Bibliografía

Ariñes-Voets, A. (2003) An Effective Humanitarian Supply Management System for Natural and Man-Made Disasters. *Proc.2003 Int. Conf. Total Disaster Risk Management*, 95-97 www.disaster-info.net/SUMA

CRED (2009), Center for Research on the Epidemiology of Disasters. EMDAT Data Entry Procedures. Louvain: Catholic University of Louvain; www.cred.be

Proyecto Esfera (2004): *Humanitarian Charter and Minimun Standards in Disaster Response*, disponible en: http://www.sphereproject.org

Rodríguez, J.T., B. Vitoriano, J. Montero, A. Omaña (2009) A Natural Disaster Management DSS for Humanitarian Non-Governmental Organisations. *Knowledge-Based Systems* doi:10.1016/j.knosys.2009.07.009

UNDP (2008) Informe Desarrollo Humano, United Nations Development Program www.hdr.undp.org

Vitoriano, B., M.T. Ortuño, A.F. Ruiz-Rivas (2008) A Goal Programming Model for Humanitarian Aid Distribution. In: *Computational Intelligence in Decision and Control* Eds: D. Ruan et al. 811- 816. World Scientific Publishing (Singapur)

LA MISIÓN MEIGA-METNET: LA EXPLORACIÓN DE MARTE

David Usero Mainer
CC. San Juan Bosco (Torrejón de Ardoz)
Dpto. de Matemática Aplicada Facultad de CC Químicas de la Universidad Complutense de Madrid

El planeta Marte, con su color rojizo y su extraño movimiento por la eclíptica han sido fuente de inspiración del ser humano desde que el hombre empezó a contemplar el devenir de los astros por el firmamento. El nombre del planeta, asociado al dios de la guerra romano, es buena muestra de ello.

El presente año 2009 se conmemora el cuarto centenario de la invención de un aparato que revolucionó la forma de ver el cielo. En 1609, Galileo Galilei construyó el primer telescopio y con él dirigió sus primeras observaciones al planeta Marte. La invención del telescopio se conmemora designando al presente año como el «Año Internacional de la Astronomía», y son muchos los actos que en este entorno se celebran.

Las observaciones del planeta Marte también sirvieron para que Johannes Kepler desarrollara sus leyes del movimiento de los planetas, que posteriormente el gran Isaac Newton utilizó para obtener su ley de gravitación universal.

En la actualidad el planeta Marte y sus «marcianos» siguen siendo fuente de inspiración de un sinfín de novelas, comics, películas y obras de diverso género. Y desde hace unos años el planeta Marte se ha convertido también en un punto caliente del desarrollo científico. La evidencia de la existencia de agua en el planeta junto con la gran cantidad de enigmas que plantea le otorga un atractivo que inspira a científicos de todas las ramas.

Sin embargo el planeta sigue siendo un gran desconocido para el gran público, al que sin embargo gusta enterarse de las similitudes con La Tierra, como por ejemplo la existencia de atmósfera, cañones, planicies, cuencas, volcanes y casquetes polares. También resultan sugerentes las incógnitas que se plantean sobre los procesos que originaron semejantes accidentes geográficos y las peculiaridades y dificultades de su exploración.

Marte se encuentra 1,5 veces más alejado del Sol que La Tierra y por tanto tarda casi 684 días en dar una vuelta completa. El día marciano, llamado *sol*, es muy similar al terrestre; dura 24 horas y 37 minutos. Esta pequeña diferencia hace que el calendario marciano tenga 665 *sols*.

El tamaño de Marte es la mitad que La Tierra, y su masa es la novena parte. Esto hace que su gravedad en la superficie sea 3,72 m/sg^2, la tercera parte de los 9,8 a los que estamos acostumbrados. Además la velocidad de escape, es decir la velocidad que debe llevar un cuerpo para salir del planeta sin volver a caer en él, es de 5 km/sg, la mitad que la de nuestro planeta. Este pequeño tamaño es, en parte, responsable de la pequeña atmósfera marciana.

Las imágenes de Marte son cortesía de NASA / JPG / Caltech.

La distancia entre Marte y La Tierra varía como consecuencia de sus diferentes órbitas y los distintos tiempos que tardan en recorrerlas. Su máximo alejamiento es del orden de los 400 millones de kilómetros y su máxima cercanía es de 55 millones. Hace un par de años se alcanzó este mínimo, lo que fue aprovechado por diversos organismos para mandar varias misiones al planeta. Este fenómeno desencadenó también una serie de mensajes de internet totalmente equívocos que afirmaban que Marte se vería *«tan grande como la Luna»*. Un poco de sentido común y unos conocimientos elementales de semejanza de triángulos bastan para darse cuenta del equívoco.

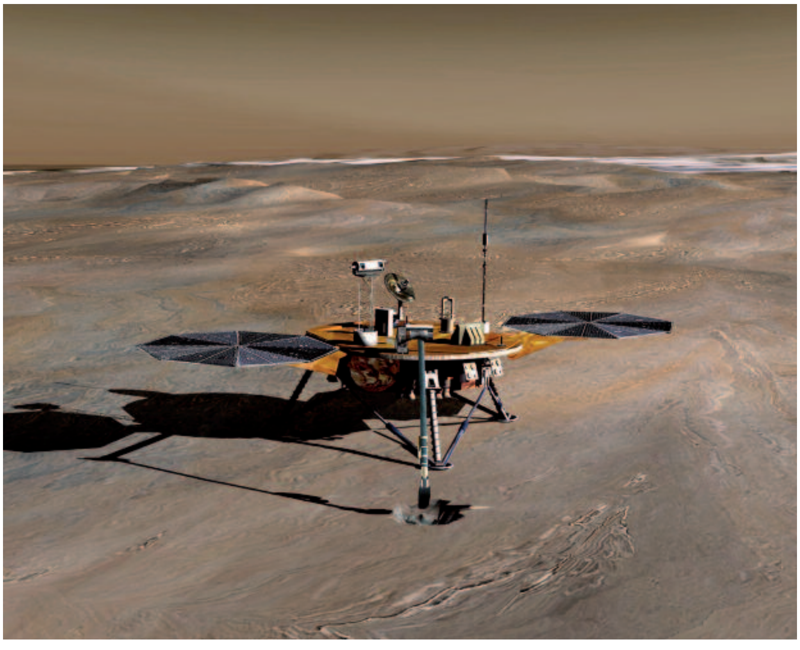
Estas distancias son tan enormes que la luz tarda entre 3 y 20 minutos en llegar de un planeta a otro, y otro tanto en volver, haciendo imposible una tripulación «en directo» desde la Tierra.

El planeta Marte está acompañado por dos satélites, Fobos y Deimos, personajes también mitológicos que acompañaban al dios griego Ares. Ambos son satélites rocosos. Fobos es el más grande, con un diámetro del orden de los 20 km, orbita a 6100 km de Marte y tarda 7 horas y 40 minutos en completar una vuelta. Deimos es más pequeño, tiene unos 12 km de diámetro y se encuentra a 20000 km de Marte. Tarda 30h y 17 minutos en completar una vuelta completa.

La existencia de una atmósfera en el planeta obliga a dotar a las naves de un escudo térmico para viajar allí, cosa que no ocurre con la Luna. Sin embargo esta atmósfera es mucho menos densa que la de nuestro planeta. La presión en la superficie del planeta en de 7-9 mb, mucho menor que la de la Tierra que es de 1016 mb. La composición de la atmósfera también es muy diferente. El 95% es anhídrido carbónico, el 3% nitrógeno y el 1,5% argón. También tiene oxígeno (0,13%), agua (0,03% variable) y otros gases como ozono y metano.

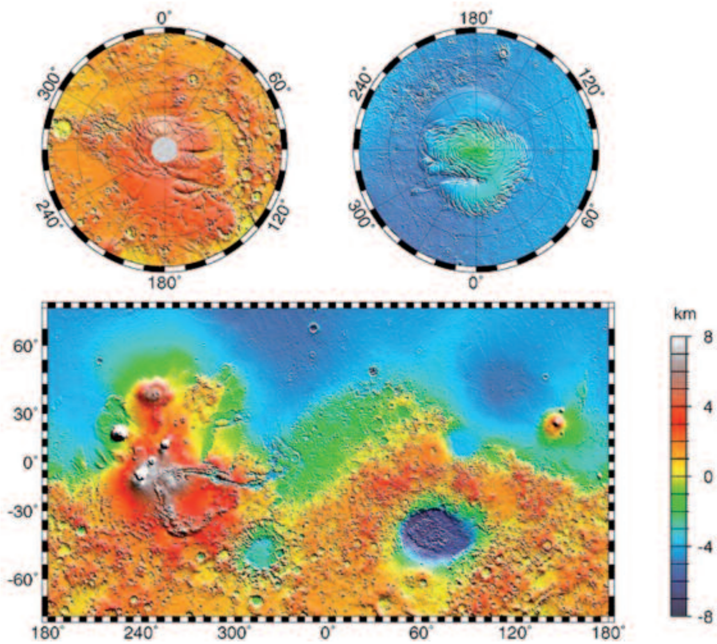
La cantidad de ozono que posee la atmósfera no es suficiente para frenar la radiación ultravioleta y llega una gran cantidad de esta radiación a la superficie del planeta.

Recientemente se ha descubierto la existencia de metano en la atmósfera de Marte. En nuestro planeta, este gas orgánico se origina bien en las erupciones volcánicas, bien por procesos relacionados con la vida. La inexistencia de vulcanismo activo en Marte sitúa un sugerente interrogante acerca de la posibilidad de la existencia de vida en el planeta.



La inclinación de la eclíptica es muy similar a la de La Tierra y por tanto en Marte existen estaciones, cuya duración es mayor por la mayor duración del año marciano. Estas estaciones producen variaciones visibles de los casquetes polares, que en invierno llegan hasta el paralelo 60°. La composición de estos casquetes también diferente a los de La Tierra. Están compuestos en su mayoría por *hielo seco*, anhídrido carbónico congelado, aunque debajo de éste existe agua congelada, al menos en el casquete sur. El estudio de los ciclos climáticos en Marte tiene en cuenta los ciclos atmosféricos de CO_2, agua y polvo, un componente ubicuo del planeta. Un fenómeno característico de Marte que no se observa en nuestro planeta es la formación de grandes tormentas planetarias que pueden durar varios meses y cubren toda la atmósfera de polvo, dificultando y poniendo en riesgo las diversas misiones. Basta pensar en las tormentas de polvo de los desiertos terrestres e intentar extrapolarlas a todo el planeta.

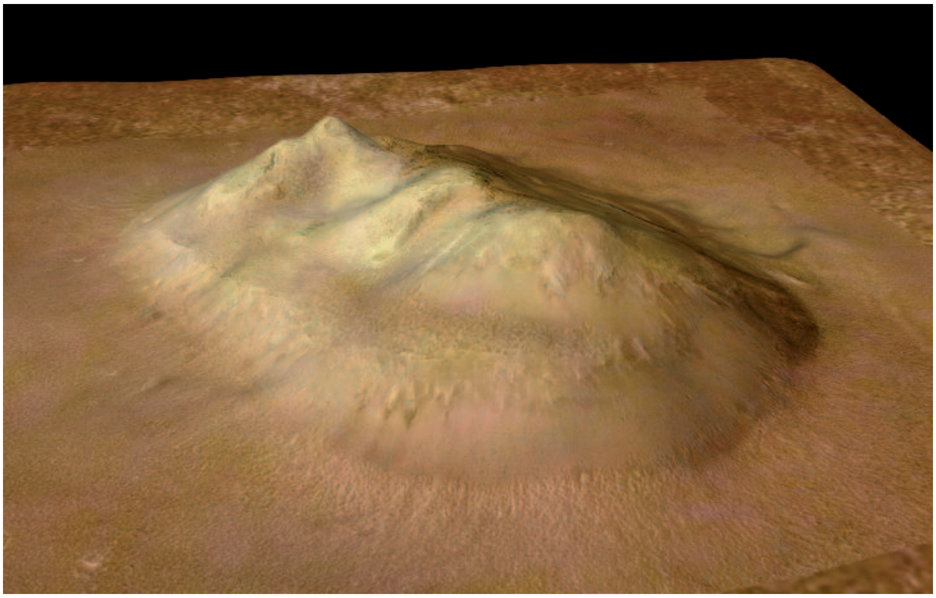
El estudio del planeta Marte recibe el nombre de areología, en contraposición con la geología que estudia a La Tierra. Uno de los detalles más curiosos e intrigantes de Marte es la gran diferencia que existe entre el norte y el sur. El hemisferio norte es una planicie de 6 km de profundidad con muy pocos cráteres. Por el contrario el hemisferio sur se encuentra elevado unos 6 km de media y está repleto de un sinfín de cráteres como resultado del impacto de meteoritos sobre su superficie. Posee además un relieve mucho más variado en el que abundan los cañones, montes y volcanes.



Marte posee la montaña más grande del sistema solar, el «*Monte Olimpo*», un volcán de 25 km de altura. También es de destacar el «*Valle Marineris*», un cañón de 4000 km de longitud y 7 de anchura. Situado en Europa abarcaría la distancia entre Lisboa y Moscú. También destaca las «*Hellas Planitia*» un cráter de 2300 km de diámetro y 9 de profundidad.

Una de las mayores incógnitas que presenta el planeta es la ausencia de agua líquida en su superficie. Una vez descubierta la presencia de agua en forma de vapor y de hielo, y dado que las condiciones de presión y temperatura de la superficie son incompatibles con la existencia de agua en forma líquida, se plantea la duda de si existió en algún momento de la historia en gran abundancia y de dónde ha ido a parar tanta cantidad.

Existen innumerables evidencias que apuntan la posibilidad de que agua en forma líquida fluyera libremente por la superficie en el pasado. La especial orografía del planeta así parece apuntarlo. El hecho de que la planicie norte esté tan hundida y sin cráteres sería fácil de explicar con solo pensar en un gran océano. Las formaciones semejantes a los cañones serían fácilmente explicables mediante una red hidrológica que recorriera la zona continental. Otros resultados tienen un mayor peso científico y se salen de meras especulaciones. Las *bombsag*, unas estructuras de origen volcánico son similares a las que se encentran en La Tierra en las cercanías de agua. Pero quizás la prueba de mayor valor científico es la aparición de un mineral, la *Jarosita*. Este mineral recibe el nombre de la localidad de La Jarosa, en Almería, donde se encontró por vez primera. La jarosita es un mineral que en una fase de su for-



mación necesita de la existencia de agua líquida. Si ella no se forma.

Pero si fuera verdad que en algún momento el agua fluyó por la superficie, ¿a dónde ha ido? Quizás gran parte de ella se disipara con la atmósfera marciana por el espacio, o quizás se encuentre en el interior del planeta, en forma de grandes depósitos de hielo o agua.

Mucho es lo que ya sabemos de Marte pero mucho más es lo que nos queda por conocer, y a medida que se va investigando y contestando las primeras cuestiones, surgen nuevas que plantean nuevas dudas.

El pasado año 2008 se fraguó un acuerdo entre cuatro instituciones, el INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial) de España, el FMI (Instituto Meteorológico Finlandés) y otros dos rusos, el IKI (Instituto de Investigación Espacial) y LA (Lavochkin Science & Product Asociation of the Roskosmos). La idea principal de ese acuerdo es el desarrollo de la primera misión MetNet, la Mars Metnet Precursor Mission. En ella se pretende lanzar a Marte una estación meteorológica que recoja datos en superficie. El proyecto MetNet es en realidad mucho más ambicioso y pretende desplegar una red de estaciones metereológicas que nos permitan recoger datos por toda la superficie y con ellos poder conocer mucho más de la atmósfera de Marte y su superficie, e incluso llegar a realizar predicciones climáticas marcianas.

Dentro de esta misión se desarrolla la misión MEIGA, acrónimo de Mars Environmental Instrumentation for Ground and Atmosphear. Se trata de la primera misión que llegará a Marte con bandera española, un hecho sin precedentes en nuestro país. Los responsables de la misión son el profesor Luis Vázquez de la Universidad Complutense, como director científico y D. Héctor Guerrero del INTA como director técnico. Además de estas dos instituciones, en ésta misión colaboran equipos de otras universidades como la Universidad Carlos III de Madrid, la Universidad Rey Juan Carlos I, y empresas como Arquimea.

La misión MEIGA tiene a su disposición una capacidad de carga de 135 gr, un 20% de la carga total. Si bien estos 135 gr parecen poco, un bote de refresco contiene más del doble de líquido, eso permitirá el despliegue de varios equipos de medición: un sensor de irradiancia que permitirá medir la cantidad de radiación solar que llega a la superficie y cómo va variando ésta en las diferentes direcciones del espacio, un magnetómetro que medirá el campo magnético y sus variaciones, un sensor de polvo que medirá la distribución de polvo atmosférico, así como varios equipos de comunicación y trasmisión de datos entre los sensores y el módulo principal de la estación.

Los diferentes aparatos de la misión MEIGA viajarán dentro de la estación meteorológica MetNet. Ésta saldrá al espacio dentro de la misión «Phobos Sample Return» a finales de 2011, una misión rusa de ida y vuelta a Fobos que actuará de «taxista» de nuestra misión. Si todo sale con éxito, está previsto el lanzamiento de una segunda sonda MetNet para principios de 2014, y con posterioridad el lanzamiento de otras sondas hasta un máximo de 16. En misiones posteriores se podrá aumentar la capacidad de carga.

El desarrollo de estas misiones son sin ninguna duda, un desafío sin precedentes y una oportunidad para el desarrollo científico español. Es una excelente aventura que nos sitúa dentro de un selecto grupo de países. La exploración de mundos desconocidos plantea un sinfín de retos e incertidumbres que la curiosidad irá desvelando. Los futuros hallazgos de las sondas MetNet nos abrirán nuevos interrogantes que estimularán nuestra imaginación y plantearán nuevos retos a nuestra inteligencia.

SOBRE EL NÚMERO *e*. ALGUNAS IDEAS PARA LA SECUNDARIA Y EL BACHILLERATO

Roberto Rodríguez del Río
IES Valmayor, Valdemorillo - Departamento de Matemática Aplicada
Facultad de Ciencias Químicas - Universidad Complutense de Madrid

Supongamos que depositamos 1000 euros en una cuenta bancaria a un interés *compuesto* anual de un 10%. Ciertamente no corren tiempos en los que nos ofrezcan tan altos tipos de interés, pero no pasa nada por suponerlo. ¿Qué cantidad de dinero tendremos al cabo de un año? 1000(1+0'10)=1100 euros. No está mal, sobre todo si después no tuviéramos que pagar impuestos sobre esos intereses. Pero imaginemos que dejamos el dinero un año más, al cabo de dos años desde que depositamos los 1000 euros iniciales tendremos $1000(1+0,10)^2=1210$ euros. Al cabo de tres años, si no sacamos el dinero en ningún momento, habría $1000(1+0,10)^3=1331$ euros. Y al cabo de diez años sin tocar el dinero, habrá en nuestra cuenta $1000(1+0,10)^{10}=2593,74$ euros.
Es una cantidad de dinero interesante, sobre todo si pensamos en los 1000 euros iniciales que habíamos depositado, pero 10 años son muchos años y en los tiempos que corren en los que todos queremos beneficios rápidos, no parece la inversión más interesante.

Veamos lo que nos ofrece otro banco. Buscando y buscando encontramos otra entidad que nos ofrece también un 10% de interés anual, pero ahora el pago de intereses se hace semestralmente, es decir, hay pago de intereses dos veces al año y los intereses de la primera mitad del año se acumulan al capital inicial para producir nuevos intereses en la segunda mitad. Seguro que esto es mejor que lo que me ofrecían antes. En efecto, ahora al cabo de seis meses tenemos $1000\left(1+\frac{0,10}{2}\right)=1050$ euros, y al cabo de un año $1000\left(1+\frac{0,10}{2}\right)^2=1102,50$ euros. Sin duda esta opción es mucho mejor. Claro, que puestos a pedir, mucho mejor que sea pago mensual de intereses, de esta forma, cobramos intereses ¡12 veces al cabo de un año! De hecho, hay bancos que ofrecen esta opción en eso que llaman *cuentas de alta rentabilidad.* Bien, pues en nuestro caso, los 1000 euros que vamos a depositar en la cuenta de alta remuneración se convertirán, al cabo de un año, en $1000\left(1+\frac{0,10}{12}\right)^{12}=1104,71$ euros.

Hay bancos que ofrecen liquidación de intereses mensuales. Pero, ¿podrían ofrecer pago diario de intereses o se arruinarían? ¿Y pago de intereses cada hora, noches incluidas? ¿O cada segundo, o cada décima? ¿O a cada instante?...

Vamos a hacer más cálculos para intentar ver a dónde nos lleva todo esto. Para que los cálculos sean más sencillos, vamos a pensar que depositamos 1 euro en una *supercuenta* en la que nos ofrecen un interés anual del 100%. Si el pago de intereses es anual, las cuenta es muy sencilla, 1+1=2 euros al cabo del año. Si el pago es semestral, la cantidad a final de año es $\left(1+\frac{1}{2}\right)^2=2,25$ euros. Si el pago es mensual, $\left(1+\frac{1}{12}\right)^{12}=2,613$ euros.

¿Hasta dónde aumentará esta cantidad? ¿Hasta el infinito? Hagamos sólo algunos cálculos más. Si el pago de intereses se produjera diariamente, al final de año, tendríamos $\left(1+\frac{1}{365}\right)^{365}=2,71456748$ euros. La verdad, algo decepcionante. Esperábamos mucho más. Pero no hay mucho más que esperar porque, de hecho, si el pago de intereses se produjese a cada instante, la cantidad es muy poco mayor. En efecto, si se hacen *N* pagos al cabo del año y hacemos que *N* tienda a infinito, entonces $\left(1+\frac{1}{N}\right)^N$, tiende al número (aproximado)

$$e=2,718281828459\ldots$$

El número anterior es el denominado número *e.* A pesar de que fue Leonhard Euler (1707-1783) el matemático que más descubrimientos hizo relativos a este número (de hecho, Euler fue quien empezó a denominarlo con la letra *e*), el primero en estudiar el límite de la expresión $\left(1+\frac{1}{N}\right)^N$ como acumulación de intereses fue Jacob Bernoulli (1654-1705). Sin duda es esta una forma de introducir la idea del número *e* que, además de su interés histórico, resulta sumamente interesante desde el punto de vista didáctico y sería bueno que figurase en los libros de texto de matemáticas.

Leonhard Euler (1707-1783)

Leonhard Euler calculó el número *e* con mucha exactitud, para lo que desarrolló las herramientas adecuadas, sino que supo ver su utilidad. Por ejemplo, en 1748, Euler se planteaba problemas de crecimiento como los siguientes en su *Introductio in analysin infinitorum*:

«Si la población en una cierta región se incrementa anualmente una trigésima parte y en cierto momento había 100000 habitantes, ¿cuál será la población dentro de 100 años?» (§110)

La solución pasa por calcular una expresión de la forma $100000\left(1+\frac{1}{30}\right)^{100}$.

«A un hombre se le han prestado 400000 florines a un interés anual del 5 por ciento…» (§111)

Jacob Bernoulli (1654-1705)

Lo que nos llevaría a calcular expresiones de la forma $400000(1+0{,}05)^N$=1210 , para obtener el capital que habría que devolver al cabo de *N* años.

Como hemos mencionado antes, Euler logró calcular el número *e* con mucha precisión. Para ello manipuló la expresión que había utilizado Daniel Bernoulli. Euler desarrolló la expresión $\left(1+\frac{1}{N}\right)^N$ utilizando la fórmula del binomio de Newton:

$$\left(1+\frac{1}{N}\right)^N = 1+\frac{N}{N}+\frac{N(N-1)}{2!}\frac{1}{N^2}+\frac{N(N-1)(N-2)}{3!}\frac{1}{N^3}+\dots$$

$$=1+1+\frac{1\left(1-\frac{1}{N}\right)}{2!}+\frac{1\left(1-\frac{1}{N}\right)\left(1-\frac{2}{N}\right)}{3!}+\dots$$

Ahora, si hacemos tender *N* a infinito, el número *e* aparece como la suma infinita

$$e=1+1+\frac{1}{2!}+\frac{1}{3!}+\frac{1}{4!}+\dots$$

Aunque el último paso, precisamente el paso al límite no es correcto del todo. El mismo argumento utilizado en otros contextos puede resultar peligroso, por ejemplo,

$$1=\frac{1}{2}+\frac{1}{2}=\frac{1}{3}+\frac{1}{3}+\frac{1}{3}=\frac{1}{N}+\frac{1}{N}+\frac{1}{N}+\dots+\frac{1}{N}=0+0+0+\dots+0=0$$

Sin embargo, Euler tenía esa sorprendente intuición que sólo tienen los genios que hacía que utilizase los argumentos arriesgados precisamente en esos casos en los que funcionaban.

Bien, ya tenemos una expresión diferente para el número *e,* una expresión que aún siendo bastante sencilla de obtener no suele encontrarse en los libros de bachillerato. ¿En qué medida ha mejorado nuestra situación? La tabla siguiente lo pone de manifiesto. Ha mejorado la eficiencia en el cálculo. En efecto, con la fórmula de Bernoulli necesitamos calcular su valor para valores de N muy grandes hasta aproximarnos a los primeros decimales exactos del número *e,* sin embargo, con la expresión de la suma infinita su convergencia es mucho más rápida.

N	$\left(1+\frac{1}{N}\right)^N$	$1+\frac{1}{1!}+\frac{1}{2!}+\frac{1}{3!}+\ldots+\frac{1}{N!}$
1	2,000	2,0
2	2,250	2,5
3	2,370	2,66
4	2,441	2,708
5	2,488	2,7166
10	2,594	2,71828152
20	2,653	2,7182818284590452353339
25	2,666	2,7182818284590452353602874787
28	2,671	2,71828182845904523536028747135254

Las ventajas de esta nueva expresión para el número *e* son muchas. No sólo la rapidez en el cálculo. También se puede utilizar para dar una demostración asequible de la irracionalidad del número. Este hecho, su irracionalidad fue probado en 1815 por primera vez por el matemático francés Joseph Fourier (1768-1830).

Joseph Fourier (1768-1830)

Se puede encontrar en *El libro de las demostraciones* de M. Aigner y G.M. Ziegler (Nivola, Madrid, 2005) una demostración de la irracionalidad del número *e* adaptable a un curso de Bachillerato.

Para finalizar, indicaremos algunos textos (algunos ya han aparecido) en los que se pueden encontrar ideas interesantes para ilustrar cuestiones relativas al número *e.* Sin duda que los profesores profundicemos en nuestro propio conocimiento de las cosas siempre nos permitirá disponer de más y mejores herramientas a la hora de enseñar matemáticas.

Bibliografía

M. AIGNER, G. M. ZIEGLER. *El libro de las demostraciones*. Nivola, Madrid, 2005.

E. HAIRER, G. WANNER. *Análisis by its History*. Springer-Verlag, New York, 1996.

E. MAOR. *The Story of a Number*. Princeton University Press, New Jersey, 1994.

J. A. PAULOS. *Más allá de los números*. Tusquets, Barcelona, 2003.

VARIOS AUTORES. *Las matemáticas en la vida cotidiana*. Addison-Wesley/U.A.M., Madrid, 1999.

UNA NUEVA ETAPA EN LA FORMACIÓN DE MATEMÁTICOS

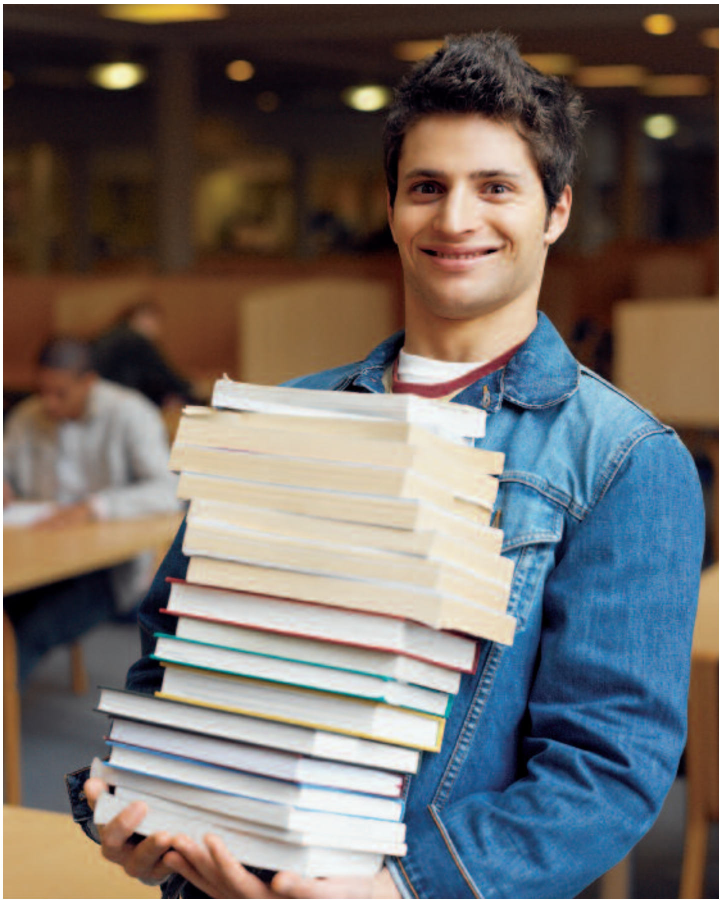
Juan Tejada
Presidente de la Conferencia de Decanos y Directores de Matemáticas
Decano de la Facultad de Matemáticas de la Universidad Complutense de Madrid

Es necesario formar más y mejores matemáticos para todas aquellas áreas de la actividad en las que actualmente son requeridos: empresas, docencia e investigación.

Éste podría ser, en pocas palabras, el principal reto que debe asumir la Conferencia de Decanos y Directores de Matemáticas (CDM) que agrupa a los representantes de las veinticinco licenciaturas en Matemáticas que todavía se siguen impartiendo en España, aunque la mayoría de éstas ya se hallan en un proceso de extinción al ser sustituidas por los nuevos grados.

Salamanca, Santiago de Compostela y Autónoma de Barcelona fueron universidades pioneras en este proceso de adaptación al EEES en el curso 08/09 y la mayoría lo abordan en este curso que comienza; otras esperarán a la fecha límite del 2010.

Llegados a este punto en el que estamos, la primera reflexión que se puede hacer es sobre la enorme lentitud y las tremendas vacilaciones que han caracterizado este proceso de cambio. En efecto, los matemáticos fueron pioneros en los trabajos de convergencia europea, participando en el Proyecto Tuning que acabó produciendo el documento con el explícito título de «Hacia un marco común para los títulos de Matemáticas en Europa». Estos trabajos fueron la base del, también pionero, Libro Blanco del Título de Grado en Matemáticas que, auspiciado por la ANECA, fue desarrollado por los Decanos y Directores de Matemáticas. Este Libro fue concluido en marzo de 2004 y muchos pensaron que solo quedaba la tarea de adaptarlo en sus universidades, respetando los contenidos comunes marcados en él para todo el territorio nacional. Cuán equivocados. Cinco años después, el proceso no se ha cerrado. Entremedias, un cambio de modelo pasaba del catálogo cerrado de titulaciones a un registro de títulos que, desarrollados de forma autónoma por las universidades, lograran pasar los filtros de la ANECA, Consejo de Universidades y Comunidad Autónoma. Naturalmente. Este cambio de modelo reabrió, por tanto, el debate en las universidades.



Nuevos Grados en Matemáticas

El desarrollo de los nuevos Grados no ha tenido, por tanto, que hacerse respetando obligatoriamente las directrices contenidas en el Libro Blanco. Sin embargo, puede decirse que los grados desarrollados hasta ahora, lo han hecho tratando de adaptarse, en lo fundamental, a dichas directrices. En mi opinión, a ello ha contribuido el que, después de constituirse en el 2004, como asociación, la Conferencia de Decanos y Directores de Matemáticas (CDM), éstos han mantenido una continuada, leal y estrecha colaboración.

La autonomía en el desarrollo de los nuevos grados ha sido más aparente que real ya que, en la práctica, ha estado sujeta a múltiples reglas, instrucciones, cortapisas y restricciones, provenientes de la propia Universidad, Comunidad Autónoma o ANECA, que, añadido al debate interno en las propias facultades, han convertido el proceso en una auténtica tortura. Por ejemplo, en Galicia se ha limitado la optatividad de tal manera que ha reducido la oferta y el potencial formativo que tenía la Universidad de Santiago de Compostela. En Andalucía, la Comunidad Autónoma parece ser que va a obligar a que se defina un tronco común del 75% de los ECTS en las titulaciones que se imparten en su territorio. Afortunadamente, hay casos como el de la Comunidad de Madrid que, aparte de las dificultades económicas que está causando a las universidades públicas, no ha dado instrucción alguna hasta el momento.

A pesar de estas dificultades, las propuestas se han desarrollado con el objetivo de atender el reto que se ha planteado al principio y con la ilusión de iniciar una nueva etapa en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas universitarias. En particular, se ha sido sensible a la inclusión en los nuevos planes de estudios de contenidos matemáticos que están dirigidos al análisis y solución de problemas reales. Se puede mencionar, como ejemplo el título que ofrece la UAB en el que aparecen menciones de Ingeniería Matemática o Economatemática. En la UCM se implantan tres grados, con un tronco inicial común de dos años, en Matemáticas, Ingeniería Matemática y Matemáticas y Estadística, al estilo de los grados que se ofrecen en muchas universidades anglosajonas.

Los primeros datos apuntan a que las nuevas ofertas formativas han atraído a un mayor número de estudiantes contribuyendo a torcer una preocupante tendencia a la baja que estaba impidiendo la formación de un número suficiente de matemáticos en el país. En efecto, los últimos datos de cursos anteriores señalaban que no llegaban al millar los alumnos que iniciaban estudios de matemáticas en todo el país. Si esta baja cifra se multiplica por una insuficiente tasa de éxito, se obtiene un número de egresados que ni siquiera parece suficiente para cubrir la oferta de plazas en la docencia pública y privada y, desde luego la, cada vez más elevada, demanda en la empresa (en algunas comunidades, el 80% de los egresados desarrolla su vida laboral en la empresa, en contra de una errónea creencia que está muy arraigada en la sociedad).

Esperemos, por último, que un acertado uso de nuevas metodologías y un diseño más acertado de la organización docente consigan aumentar la calidad de la formación de los egresados de los nuevos grados. Ésta es una tarea y un reto que tenemos que abordar con responsabilidad, profesionalidad, empeño y convicción.

A continuación consideraré, brevemente, algunas cuestiones que preocupan especialmente a los responsables de la formación de matemáticos.

La captación de estudiantes

Como se ha indicado, se está formando un número muy bajo de matemáticos. Este problema también afecta a casi todas las áreas de la ciencia y la tecnología. Por ello, además de las iniciativas ya adoptadas en el desarrollo de los nuevos grados y másteres, se hace necesario un plan institucional que revierta esta situación. Si no se logra, no solo no seremos un país innovador sino que ni siquiera seremos capaces de entender las innovaciones que hagan otros.

Por nuestra parte, tenemos que insistir en la transmisión a la sociedad de la relevancia de la aportación que la matemática puede hacer a su desarrollo y bienestar. Es importante, además, romper el prejuicio de que estudiar matemáticas limita al estudiante a dedicarse únicamente a la docencia. Se debe destacar la excelente inserción laboral de sus egresados en muy diferentes áreas de la actividad económica.

Una acción especial debe llevarse a cabo en colaboración con nuestros propios compañeros en la secundaria y con las asociaciones que los agrupan (CDL, FESPM). No solo debe trabajarse en el desarrollo de una propuesta docente que incremente la formación matemática enfocada a la resolución de problemas sino que debe actualizarse, además, la percepción que muchos de los profesores de secundaria y bachillerato tienen, y que transmiten a sus alumnos, acerca del papel actual de las matemáticas en el desarrollo económico y social.

El matemático como profesional

Empieza a emerger una nueva figura del matemático como profesional, fuera del ámbito de la docencia y de la investigación. En los campos de las nuevas tecnologías, consultoría, banca o industria, el matemático no solo es requerido por sus capacidades básicas (de aprendizaje, de rigor, de enfrentarse a problemas complicados) sino que también lo está siendo por las competencias adquiridas en la modelización, simulación y resolución de problemas reales susceptibles de tratamiento matemático. En esta línea, como ya se ha dicho, han incidido muchas de las propuestas de nuevos grados en matemáticas. Este esfuerzo debe redoblarse en la oferta de másteres. Aunque ya existen varios másteres en Ingeniería Matemática y en Estadística que tienen un claro enfoque profesional, todavía hay margen para que dicha oferta sea más amplia y variada. Para el desarrollo de dichos másteres, la colaboración con otras universidades extranjeras, en las que este perfil esté más desarrollado, y con las empresas, se hace imprescindible.

En este punto quisiera destacar una cuestión que ha preocupado especialmente a la CDM: El incremento de una ya extensa lista de atribuciones profesionales que se adjudican, en exclusiva, a determinadas titulaciones. En este sentido, una declaración de la CDM, que se ha elevado a los ministerios correspondientes, señala lo siguiente:

> «Con carácter general, consideramos que la actual regulación profesional española está obsoleta y debe abordarse globalmente, analizando los contenidos y competencias compartidos entre distintas titulaciones, especialmente ante los cambios que el Espacio Europeo de Educación Superior supone para los estudios universitarios.

En particular, los sectores de la informática y las telecomunicaciones colocan anualmente un considerable número de egresados de Matemáticas y de otras titulaciones como Física. Según el informe *«Salidas profesionales de los estudios de Matemáticas – Análisis de la inserción laboral y ofertas de empleo»* elaborado en 2007 por la Comisión profesional de la Real Sociedad Matemática Española con el apoyo de la ANECA, el 49,4% de las ofertas de empleo para Licenciados en Matemáticas se enmarcan en la categoría de Informática y Telecomunicaciones, a lo que deberíamos añadir que las ofertas en otros sectores, como bancos, finanzas consultoría y administración pública, son también en gran medida para ejercer labores del ámbito informático.

La Informática (en cuanto a programación, algoritmos y software) es históricamente producto de las Matemáticas y ha evolucionado de manera tal que, a estas alturas, no puede cuestionarse la capacitación de los matemáticos para este desempeño profesional, por lo que nos oponemos a que se efectúen reconocimientos de atribuciones profesionales que excluyan a los matemáticos del ejercicio de dichas actividades.

Los intentos, como el que nos ocupa, de vincular atribuciones profesionales concretas a una única titulación va en contra del principio de libre concurrencia y de las corrientes europeas coherentes con el espíritu de Bolonia, que defienden la potencialidad de varios títulos para cada ejercicio profesional, siempre que se acredite la formación y las competencias requeridas.

Los matemáticos son uno de los escasos colectivos que no tienen un colegio profesional específico pero esto no debe ser motivo para que su capacidad de aportación en diferentes áreas de la ciencia y la tecnología sea limitada injustamente.

El Máster de Formación del Profesorado de Secundaria

La CDM ha dedicado una especial atención a este tema en varias reuniones, jornadas y debates. Como resultado, ha producido diversas conclusiones y documentos a los que se les ha dado la mayor difusión posible y que se han elevado a las autoridades pertinentes. Aún reconociendo la necesidad de una formación específica para la profesión docente, la solución propuesta está muy lejos de ser la idónea. El análisis de los problemas que presenta este máster no puede ser recogido ahora en estas breves líneas por lo que me limitaré a señalar uno de los aspectos en los que la CDM ha mantenido una postura unánime. La CDM señala: «El Máster no debe ser entonces una alternativa a una formación disciplinar necesaria. Creemos que es conveniente tener un criterio común de cuáles son estas competencias necesarias. La Conferencia estima que éstas son como mínimo las competencias matemáticas que se adquieren con 120 ECTS de los grados de Matemáticas.»

Sin embargo, existen propuestas que ya están siendo implementadas, en las que este requisito se ha reducido enormemente; en algunos casos, a tan sólo 18 ECTS de asignaturas con contenidos matemáticos, requisito que, por ejemplo, los maestros cumplen. La puerta que se abre a la aparición de un profesorado con una clara insuficiencia de conocimientos matemáticos es una puerta al desastre en el nivel de nuestros estudiantes en matemáticas. Si a esto se añade que la impartición de este máster se ha convertido en un claro negocio para las entidades privadas, el problema se agudiza.

Este problema afecta, también a otras disciplinas, por lo que lo convierte en un problema que requiere de una intervención clara de las autoridades educativas con el fin de que se establezcan unos mínimos en el nivel de conocimientos y competencias requeridos para cursar una determinada especialidad. Dicha especialidad debe ser, además, exigida para ejercer la docencia en las materias correspondientes y para el acceso a la función pública en dichas áreas.

Por mi parte, añadiré que ya hay indicios del «impacto ambiental» negativo que el máster en cuestión está teniendo en otros másteres académicos y de investigación, como muchos ya habíamos advertido. El planteamiento actual va a llevar a disponer una gran cantidad de esfuerzos y recursos en una propuesta formativa que, en contra de todos los principios que deben regir un máster de carácter profesional, va a tener, en general, una baja tasa de inserción laboral de sus egresados.

La formación de doctores

La investigación matemática en España ha alcanzado un excelente nivel en las últimas décadas, siendo una de las áreas más destacada en este sentido. Sin embargo, el mantenimiento de este nivel se ve acechado por la insuficiente incorporación de estudiantes a los doctorados y a la investigación. Aparte de la negativa influencia que, como ya se ha señalado, pueda tener el máster de formación del profesorado, quiero fijar la atención en dos factores que, en mi opinión, contribuyen claramente a ello.

Por un lado, el número de becas que se conceden para la formación de investigadores en matemáticas está muy por debajo del que se concede en otras áreas científicas, en lo que supone una inmerecida discriminación. Hay universidades con una demostrada calidad investigadora en matemáticas que en la última convocatoria FPI no ha recibido ni una sola beca. Esta situación debe denunciarse y corregirse cuanto antes.

Por otro lado, la casi nula valorización de los doctores fuera del ámbito académico, impide que aumente la entrada por el atasco que se produce en una salida que, salvo contadas excepciones, se reduce a dicho ámbito. Deben diseñarse políticas que faciliten la incorporación de doctores a los departamentos de I+D de las empresas. El programa Torres Quevedo se ha mostrado incapaz de conseguirlo en la medida adecuada. Las políticas requeridas pasarían por valorar en las concesiones de fondos de investigación a la empresa y a la industria, la presencia de doctores altamente cualificados en sus equipos de investigación. Sólo así se podría producir el flujo necesario en la carrera profesional de los doctores hacia la empresa como ya pasa en los países más avanzados científica y tecnológicamente.

Las nuevas tecnologías

Por último, es necesario referirse a las nuevas tecnologías. No solamente las matemáticas contribuyen de una manera fundamental al desarrollo de las nuevas tecnologías sino que éstas también pueden contribuir al desarrollo de aquélla, en particular, en el ámbito de la docencia. La próxima reunión que la CDM celebrará el próximo mes de octubre en Badajoz estará dedicada, precisamente, a este tema. En mi opinión, se le debe conceder una especial atención a las posibilidades de formación telepresencial adaptada a las necesidades específicas de comunicación que tiene las matemáticas. El desarrollo del uso de estas tecnologías facilitará las posibilidades de colaboración entre instituciones nacionales y extranjeras al eliminar la necesidad de movilidad física de profesores y alumnos que no siempre es posible financiar.

En resumen, la tarea, que tanto nos ha absorbido, de desarrollar formalmente los nuevos grados, con ser importante, no es nada más que el primer paso en la consecución de los objetivos que al principio se señalaron y que requieren de ideas y esfuerzos adicionales.