

# CIENCIA Y DESARROLLO

» PARTICIPACIÓN  
CIUDADANA  
PARA INCIDIR EN  
LAS DECISIONES  
Y VIGILAR  
LA GESTIÓN  
PÚBLICA.

[WWW.CONACYT.GOB.MX](http://WWW.CONACYT.GOB.MX)

» DILEMAS DE LOS  
MIGRANTES

# CÁNCER

## SU ACTIVACIÓN Y TRATAMIENTOS

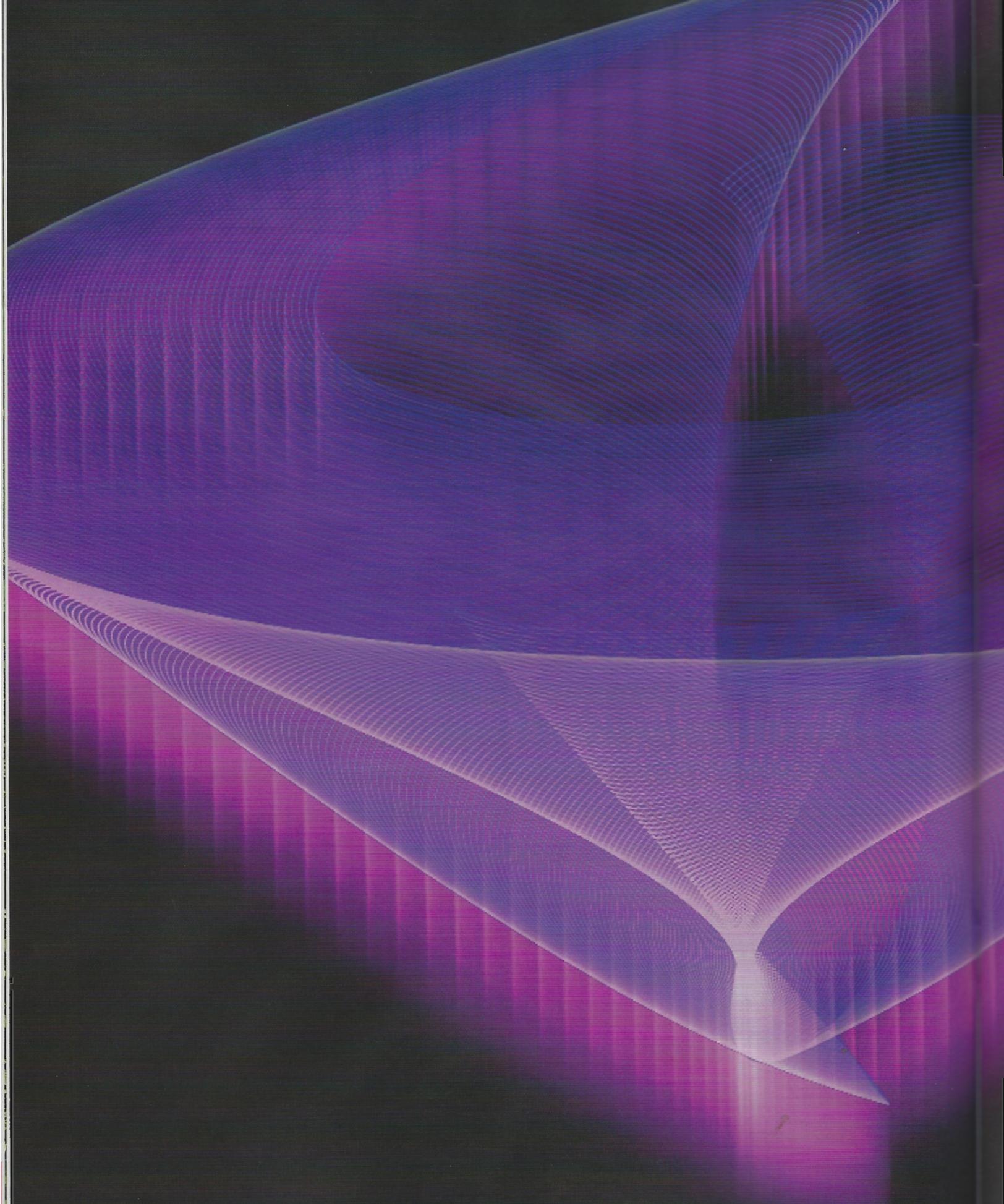
- » CÉLULAS TRONCALES Y CÁNCER
- » UN VIRUS PARA CONOCER LA HISTORIA
- » NIÑOS CON CÁNCER
- » ¿QUÉ ES EL SÍNDROME PARANEOPLÁSICO?
- » CÁNCER DE MAMA



Precio: \$20.00

- + MODELACIÓN MATEMÁTICA Y COMPUTACIONAL
- + HÉLIX: HURACANES, ENORMES REMOLINOS





# MODELACIÓN MATEMÁTICA Y COMPUTACIONAL Y SU IMPORTANCIA PARA MÉXICO<sup>1</sup>

ISMAEL HERRERA REVILLA

La modelación matemática y computacional es la respuesta contemporánea al anhelo humano ancestral de predecir la naturaleza. En la actualidad, ella es instrumento valiosísimo para la enseñanza, la ingeniería y la investigación, y por su importancia para México tiene altísima prioridad en el desarrollo científico y tecnológico.

1. Texto extraído de la conferencia presentada por el autor en el Conacyt, el 14 de mayo de 2008, en la reunión convocada para anunciar la creación de la Red Nacional de Modelación Matemática y Computacional.

**E**n el ámbito mundial, la Modelación Matemática y Computacional (MMC)<sup>2</sup> es un área emergente, con un potencial enorme, a la cual México apenas se asoma. Cuando se la contempla desde esta perspectiva resulta evidente, desde el primer momento, que la MMC es un tema trascendente. En efecto, el propósito de predecir con medios científicos el comportamiento de la naturaleza ha sido, a través de la historia, una motivación fundamental para el desarrollo de la ciencia. Sin embargo, el saber científico por sí mismo no basta para realizar la predicción del comportamiento; es por ello que resulta indispensable integrar el conocimiento en modelos matemáticos; surge así la MMC como el elemento integrador, sin el cual la predicción del comportamiento es imposible.

En la MMC, primero se establece un modelo matemático del sistema que se desea modelar, el cual luego se transforma en un código computacional, que a su vez es implementado por un sistema de cómputo. Hoy en día la información científica y tecnológica disponible acerca de los sistemas, obtenida a través de la investigación y otros medios tales como observatorios espaciales, nutre los modelos matemáticos y computacionales, los que finalmente realizan la predicción, tanto de la naturaleza como de otros sistemas de interés. Un rasgo característico de la MMC es su universalidad. De acuerdo con el sistema de que se trate, los conocimientos requeridos provienen de campos muy variados y, generalmente, involucran muchas disciplinas científicas y tecnológicas, por lo que la actividad en *modelación* es eminentemente multidisciplinaria e interdisciplinaria.

### LA MMC EN LA INGENIERÍA

Los objetivos principales de la ingeniería son diseñar, construir y operar sistemas que realicen funciones

para satisfacer necesidades muy diversas. Tanto el diseño como la operación de los sistemas consiste en escoger entre varias opciones la mejor, para lo cual es necesario poner a prueba su desempeño, y la forma de conocerlo más efectiva, económica y que requiere un menor esfuerzo es la MMC. Así, las operaciones básicas de la ingeniería se simplifican drásticamente cuando se cuenta con el auxilio de la MMC. Con los notables avances alcanzados en la MMC que ahora modela sistemas sumamente complejos, esta forma de proceder se aplica aún en los problemas más difíciles de la ingeniería. Ése es el motivo por el cual la MMC es hoy en día la columna vertebral de la ingeniería avanzada.

La crisis petrolera en la que se encuentra México es un ejemplo que ilustra bien la trascendencia de la MMC en la ingeniería avanzada. Aún los cálculos más conservadores indican que las reservas potenciales contenidas en los yacimientos mexicanos ya explotados, entre ellos el de Cantarel –e incluso aquellos que ya han terminado su vida útil–, constituyen en México un volumen superior al que ha sido obtenido de ellos hasta ahora; pero su rescate depende de la aplicación de las técnicas de explotación secundaria y mejorada de los yacimientos petroleros. No obstante, de acuerdo con los tratados especializados, la MMC –en cuyo desarrollo México se ha rezagado– es la herramienta fundamental para dominar las técnicas de la explotación secundaria y mejorada. Esto pone en evidencia, una vez más, que la MMC debe ser un área prioritaria en el desarrollo científico y tecnológico de México.

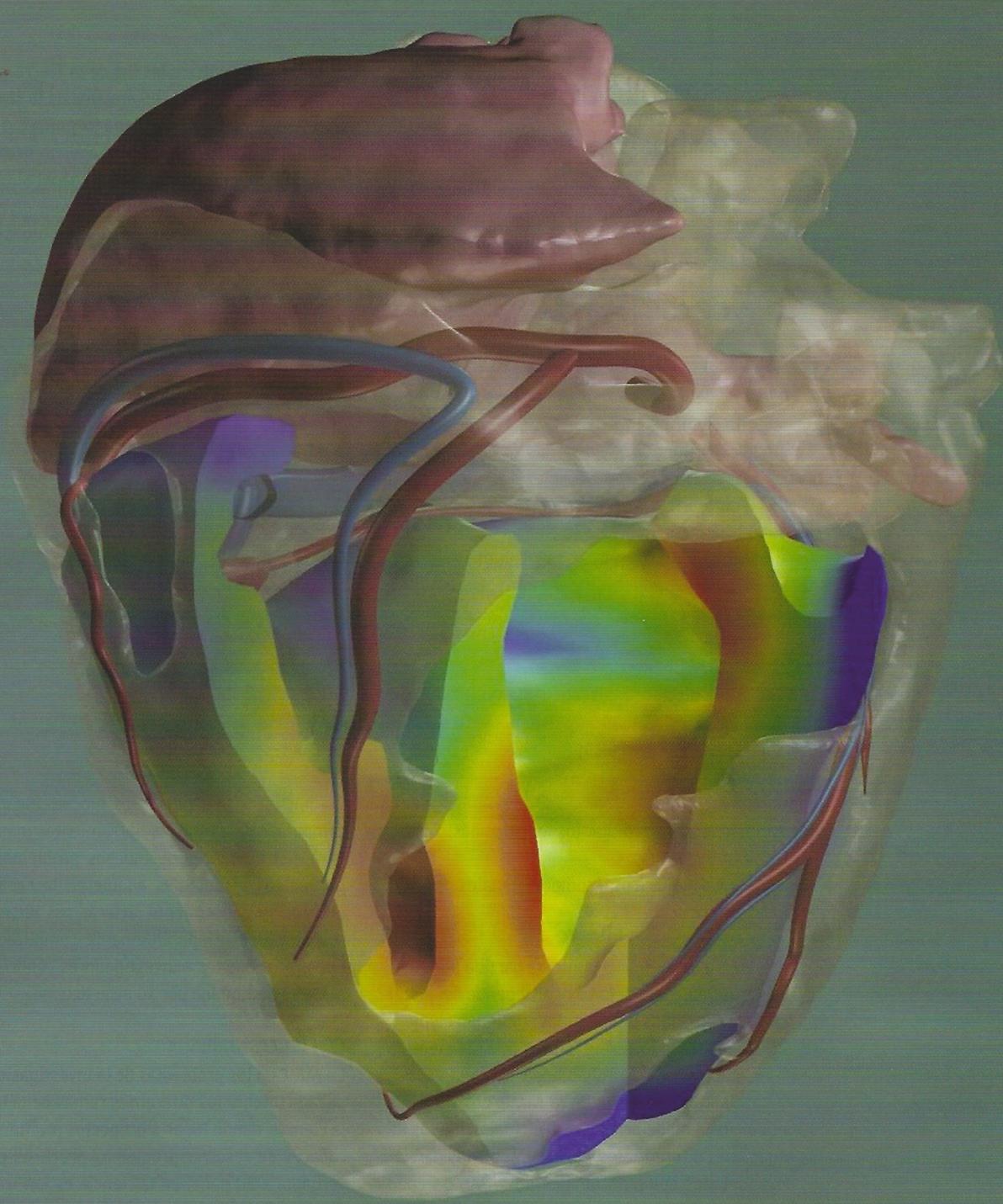
### LA MMC EN LA INVESTIGACIÓN

Debido a su universalidad, la MMC tiene la capacidad de beneficiar a todas las disciplinas científicas, y la experimentación es fundamental en, al menos, las siguientes operaciones de la investigación:

1. La prueba de teorías e hipótesis.
2. El análisis de las implicaciones de los nuevos hechos científicos; en él, la MMC, al predecir en forma más económica y con menor esfuerzo el comportamiento de los sistemas, sustituye, en muchos casos, la experimentación. Cuando esto no es posible, la MMC se asocia con la investigación experimental y es pieza fundamental para el siguiente operación.
3. El diseño e interpretación de los experimentos.

2. También conocida internacionalmente como *Computational Science and Engineering*.

La MMC, como disciplina del conocimiento, abarca dos grandes temas de estudio: el desarrollo de los modelos mismos y los métodos requeridos para ser utilizados con eficiencia



» **MODELO MATÉMATICO DE UN CORAZÓN**

Investigadores de Montreal han utilizado recientemente una supercomputadora para crear un modelo matemático del corazón mil veces más avanzado que los modelos anteriores, con lo cual se abre la puerta a nuevos logros científicos.

### El desarrollo de los modelos se aboca al estudio de los métodos para formular los modelos básicos de los diversos sistemas

Además, debe destacarse que hay casos de gran importancia científica en que la MMC va más allá que el método experimental, pues hay sistemas tales como las galaxias o las estrellas que no es posible reproducir en el laboratorio; en cambio, pueden ser modeladas computacionalmente. Por eso la ciencia, la cual tradicionalmente se ha asentado en dos columnas torales –la teoría y la experimentación–, hoy se asienta en tres: la teoría, la experimentación y la MMC.

#### LOS FUNDAMENTOS DE LA MMC

La MMC, como disciplina del conocimiento, abarca dos grandes categorías de temas de estudio: el desarrollo de los modelos mismos y los métodos requeridos para ser utilizados con eficiencia. La primera de estas categorías a su vez estudia:

1. Los métodos para formular los modelos básicos de los diversos sistemas.
2. Los métodos numéricos y computacionales para implementarlos.

La manera de definir el punto de partida para modelar un sistema, el modelo básico, depende del sistema considerado. Todos los sistemas contienen elementos deterministas e inciertos, por lo que las ciencias de la incertidumbre, la probabilidad y la estadística también tienen importancia en la MMC. Los métodos numéricos de la modelación son principalmente los de las ecuaciones diferenciales, especialmente las parciales. Los métodos computacionales de la MMC tienen también características especiales.

Por otra parte, como los sistemas que aborda la MMC son de enorme diversidad, desarrollar modelos muy generales es muy útil y tiene gran valor. El método para alcanzar la generalidad es el pensamiento abstracto, cuya cumbre es la formulación axiomática. Por ejemplo, muchos de los sistemas de la ingeniería

y las ciencias, entre ellas las de la Tierra y de los planetas o la astrofísica, son ámbitos de la física macroscópica, para la cual existe una formulación axiomática cuyo uso permite su aprendizaje con gran ahorro de esfuerzo. En la computación, un papel similar corresponde a la *programación orientada a objetos*, la cual permite desarrollar códigos de cómputo (software) de aplicabilidad muy general.

Por lo demás, con las formulaciones axiomáticas se alcanzan plenamente los paradigmas del pensamiento matemático: la generalidad, la claridad y la sencillez. Su utilidad, aunque evidente, hay que señalarla:

- » La generalidad. Como ya se dijo, las teorías unificadoras representan una gran economía de esfuerzo en el aprendizaje y en la investigación; al iniciar el estudio de situaciones desconocidas y al tratar problemas novedosos, adelantan resultados imprevistos.
- » La claridad. Ésta permite avanzar con seguridad en territorios desconocidos.
- » La sencillez. Al simplificar lo complicado y difícil, permite abordar lo aún más difícil.

#### LA MMC COMO INSTRUMENTO PARA ELEVAR EL NIVEL DE LA DOCENCIA

El uso de los modelos computacionales y el aprendizaje de los métodos de la MMC moderniza la enseñanza porque, en la actualidad, los modelos matemáticos y computacionales son las herramientas más avanzadas para el tratamiento de muchos problemas; también, porque los estudiantes adquieren la capacidad para unificar su pensamiento, aclarar sus ideas y abordar con sencillez lo aparentemente complicado y difícil. Los profesionistas e investigadores conocedores de la MMC se distinguen por su eclecticismo.

#### CONCLUSIONES

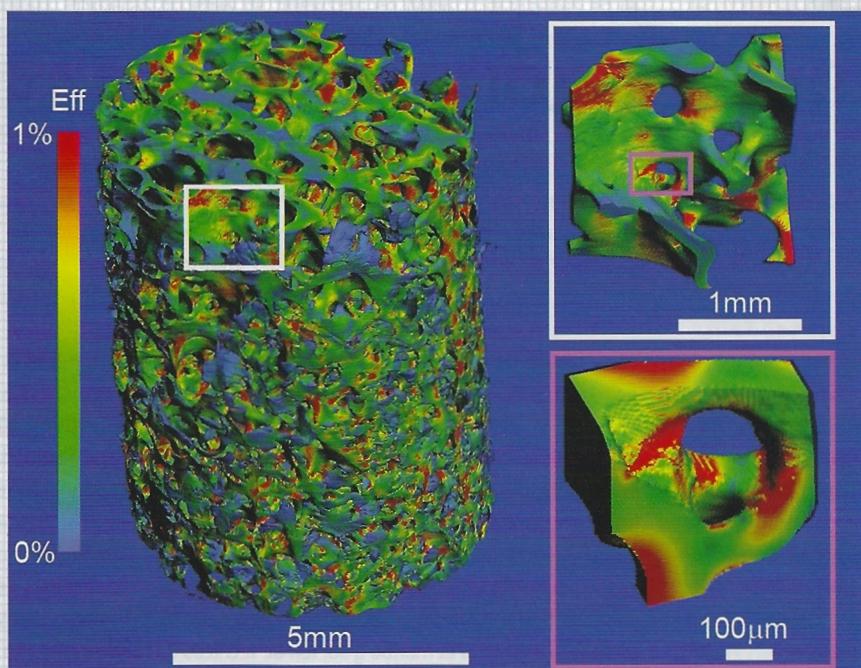
La MMC en los problemas de la investigación pura y aplicada integra las diferentes ramas de la ingeniería y la ciencia, dando lugar a proyectos multidisciplinarios capaces de resolver problemas prácticos de gran envergadura. Su papel en la ciencia es tan trascendente, que constituye ya una columna toral en la cual ella se asienta y complementa sus dos bases tradicionales: la teoría y la experimentación.

En lo referente a la educación, su enseñanza a todos los niveles es una manera efectiva de formar líderes de las profesiones y de la investigación. Los métodos de la MMC son los métodos de la predicción

Ismael Herrera Revilla es doctor en matemáticas aplicadas por la Division of Applied Mathematics, Brown University; investigador emérito en el Instituto de Geofísica; Investigador Nacional de Excelencia, miembro del SNI y editor de la revista *Numerical Methods for Partial Differential Equations*, publicada en Nueva York, EUA, por Wiley InterScience. Fue organizador y director técnico fundador del Conacyt. Premio Nacional de Ciencias.

## SIMULACIÓN MATEMÁTICA DE ESTRUCTURA ÓSEA HUMANA

Científicos de IBM y ETH muestran avances en simulación por supercomputadora para mejorar el diagnóstico de la osteoporosis.



La MMC en la investigación integra diferentes ramas de la ingeniería y la ciencia, dando lugar a proyectos multidisciplinarios para resolver problemas prácticos

científica. Los profesionales e investigadores que los conocen se adaptan sin esfuerzo a los cambios tecnológicos y también desarrollan una mente capaz de integrar el conocimiento. Los métodos de la modelación permiten identificar con facilidad el conocimiento que se requiere para predecir el comportamiento de cualquier sistema y así la información que es necesario obtener. Se puede, de esta manera, planear eficazmente los experimentos, las búsquedas bibliográficas, la consulta de

especialistas de las diversas disciplinas y los trabajos de campo o laboratorio complementarios. En fin, quienes así se forman están capacitados para dirigir la actividad profesional y de investigación.

La importancia de la MMC para México es enorme, pues es instrumento valiosísimo para la enseñanza, la ingeniería y la investigación, por lo que debe ser un tema de altísima prioridad en el desarrollo científico y tecnológico de nuestro país. ●

**suscríbete  
ahora**

**12 EJEMPLARES  
AL PRECIO DE 10**

**RECIBE LA EDICIÓN MENSUAL  
EN TU PROPIO DOMICILIO**

**SUSCRIPCIÓN ANUAL**

**EN MÉXICO  
\$400.00**

**EN EL EXTRANJERO  
\$110.00 dólares**

Deposita en la cuenta BBVA Bancomer 00446634494 y envía la ficha de depósito con todos tus datos (nombre, dirección completa, teléfono y, en su caso, RFC) al fax (55) 55 50 58 00 y 01 ext. 119, para mayores informes comunícate al (55) 55 50 58 01 ext. 216