

# Ciencia y Desarrollo



Noviembre/Diciembre del 2000 • Volumen XXVI • Número 155 • ISSN 0185-0008 • México \$ 20.00



## Antoine de Saint-Exupéry, fiel a su leyenda

**El Gran Telescopio Milimétrico**

**La enseñanza de las matemáticas  
en la Nueva España**

**Fin de milenio: los virus, nuevos invasores**

**Impacto del huracán Mitch  
en el caribe mexicano**



Director General  
Carlos Bazdresch Parada

Director Adjunto de Investigación Científica  
Jaime Martuscelli Quintana

Director Adjunto de Modernización Tecnológica  
Ramiro García Sosa

Director Adjunto de Desarrollo Científico y Tecnológico Regional  
Luis Ponce Ramírez

Director Adjunto de Coordinación del Sistema SEP-Conacyt  
Alfonso Serrano Pérez Grovas

Directora Adjunta de Asuntos Internacionales y Becas  
Claudia González Brambila

Director Adjunto de Política Científica y Tecnológica  
Adrián Jiménez Gómez

Director Adjunto de Administración y Finanzas  
Francisco Javier Fernández de Castro Santos



SEP • CONACYT

Director Editorial  
Armando Reyes Velarde

Editora  
Clairette Ranc Enriquez

Subdirector Editorial  
Carlos Monroy García

Consejo editorial: René Drucker Colín, José Luis Fernández Zayas, Oscar González Cuevas, Pedro Hugo Hernández Tejeda, Alfonso Larqué Saavedra, Jaime Litvak King, Lorenzo Martínez Gómez, Humberto Muñoz García, Ricardo Pozas Horcasitas, Alberto Robledo Nieto, Alfonso Serrano Pérez Grovas.

Asesores editoriales: Guadalupe Curiel Defossé y Mario García Hernández

Redacción: Concepción de la Torre Carbo, Josefina Raya López, Lizet Díaz García y Alicia Díaz Ortega

Coordinación de producción: Jesús Rosas Espejel

Producción: Carolina Montes Martínez

Diseño e Ilustración  
Agustín Azuela de la Cueva y Elvis Gómez Rodríguez

Impresión  
Talleres Gráficos de México  
Canal del Norte 80, 06280 México, D.F.

Distribución  
Intermex, S.A. de C.V.  
Lucio Blanco 435,  
Col. San Juan Tlihuaca, 02400 México, D.F.

Suscripciones y ventas  
Alicia Villaseñor  
Conacyt/Ciencia y Desarrollo  
Av. Constituyentes 1054, edificio anexo. 1er piso  
Col. Lomas Altas, C.P. 11950 México, D.F.  
327 74 00, ext. 7044

Consulte la página Internet del Conacyt,  
en la siguiente dirección electrónica:

<http://www.conacyt.mx>

*Ciencia y Desarrollo* es una publicación bimestral del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), editada por la Dirección de Comunicación Científica y Tecnológica. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. Se prohíbe la reproducción total o parcial sin la expresa autorización de la Dirección de Comunicación Científica y Tecnológica. Certificado de licitud de título de publicación: 259, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación, expediente 1/342 "79"/1271, del 22 de agosto de 1979. Reserva al título en Derechos de Autor núm. 04-1998-42920332800-102, del 29 de abril de 1998, expedido por la Secretaría de Educación Pública.


Autorizada como correspondencia de segunda clase.  
Registro DGC núm. 0220480, características 229621 122. Certificado de licitud de contenido núm. 112.

Producida por la Dirección de Comunicación Científica y Tecnológica, con dirección en avenida Constituyentes 1054, Col. Lomas Altas, Delegación Miguel Hidalgo, 11950 México, D.F., teléfono 327 74 00, ext. 7800 y 7801.

## Editorial

En la actualidad no hay área del saber que no exploren los científicos mexicanos, desde el micro hasta el macrocosmos. Incluso frecuentemente son objeto de reconocimientos internacionales. Están involucrados tanto en la investigación modesta pero necesaria para el desarrollo económico regional como en los estudios que hacen posible enriquecer el conocimiento universal.

Un ejemplo claro del nivel alcanzado por la ciencia en México lo hacemos patente en esta edición de *Ciencia y Desarrollo*. Con la instalación del Gran Telescopio Milimétrico (GTM), los astrónomos de nuestro país estarán en la vanguardia de los esfuerzos que se realizan para dar respuesta a una de las más antiguas preguntas formuladas por el hombre, si no es que la más antigua: ¿Cuál es el origen del universo?

Pero algo más debe ser puesto de relieve al respecto. El proyecto GTM es resultado de un trabajo institucional. La realización de proyectos de semejante proporción, que incluyen la presencia paritaria de prestigiados centros de investigación del extranjero, en este caso de la Universidad de Massachusetts, ha sido posible por la existencia de una infraestructura de apoyo a la ciencia en nuestro país, creada por la sociedad nacional a lo largo de decenios. Esta infraestructura ha logrado los valiosos espacios científicos con los que contamos. La exigencia del futuro es su enriquecimiento. 

**Editorial** 1

**Reportaje** 4

## El Gran Telescopio Milimétrico

Laura Lucía Romero Mireles



**Fin de milenio: los virus, nuevos invasores** 10

Alvaro Aguilar Setien  
y Emiliano Tesoro Cruz



**Impacto del huracán Mitch en el Caribe mexicano (octubre de 1998)** 20

Sergio Salazar Vallejo,  
*et al.*

**El avasallador avance científico de la posguerra** 28

Mireia Artis y Alicia Lara



**Sistemas anquihalinos en México** 36

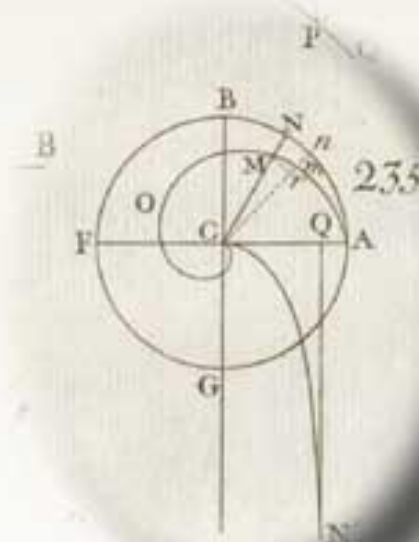
Fernando Álvarez Noguera,  
Elba Escobar Briones y Javier Alcocer

**Antoine de Saint-Exupéry, fiel a su leyenda** 46

Vicente Quirarte

**La enseñanza de las matemáticas en la Nueva España** 56

Marco Arturo Moreno Corral



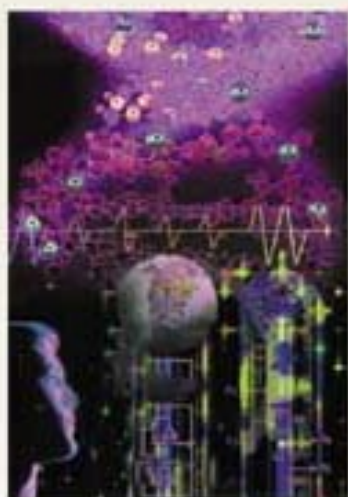
**Hidrología determinística** 68

**Modelación, pronóstico y optimización**

Daniel Francisco Campos Aranda



Antoine de Saint-Exupéry en el centenario de su nacimiento.



### Descubriendo el universo

- *Brevísima suma tecnológica. Siglo XX* 78
- *Un paseo por los cielos de noviembre y diciembre del 2000* 80

JOSE DE LA HERRAN

### Alaciencia de frioleras

- *La cerrajería* 82

MIGUEL ANGEL CASTRO MEDINA

### Deste lado del espejo

- *Yo conservo, tu conservas* 86
- *La buhardilla de la rue des Cordeliers* 87
- *Nomás apùrense (solución al torito del núm. 154)* 88
- *¿Es una recua, una sarta, una retahila o qué? (El torito)* 90

MARCELINO PERELLO

### La ciencia y sus rivales

- *Materia negativa* 92

MARIO MENDEZ ACOSTA

### Reseñas

- *Sistema de comunicación alámbricos e inalámbricos* 94

FERNANDO ESTRADA SALAZAR

- *Problemas demográficos, urbanos y económicos de México* 97

ROBERTO RODRIGUEZ GOMEZ

### Comunidad Conacyt 99

- *Primer Congreso de Responsables de Proyectos en Ciencias de la Salud*

### Nuestra ciencia 101

- *Presentó la UAM libros sobre la historia de la institución*
- *XLI Olimpiada Internacional de Matemáticas*
- *VI Concurso La Ciencia para Todos*
- *Se presentó el mapa lingüístico de México*

### La ciencia en el mundo 106

- *El Proyecto Edén*

### Los autores 108



## El Gran Telescopio Milimétrico

LAURA LUCIA ROMERO MIRELES

U

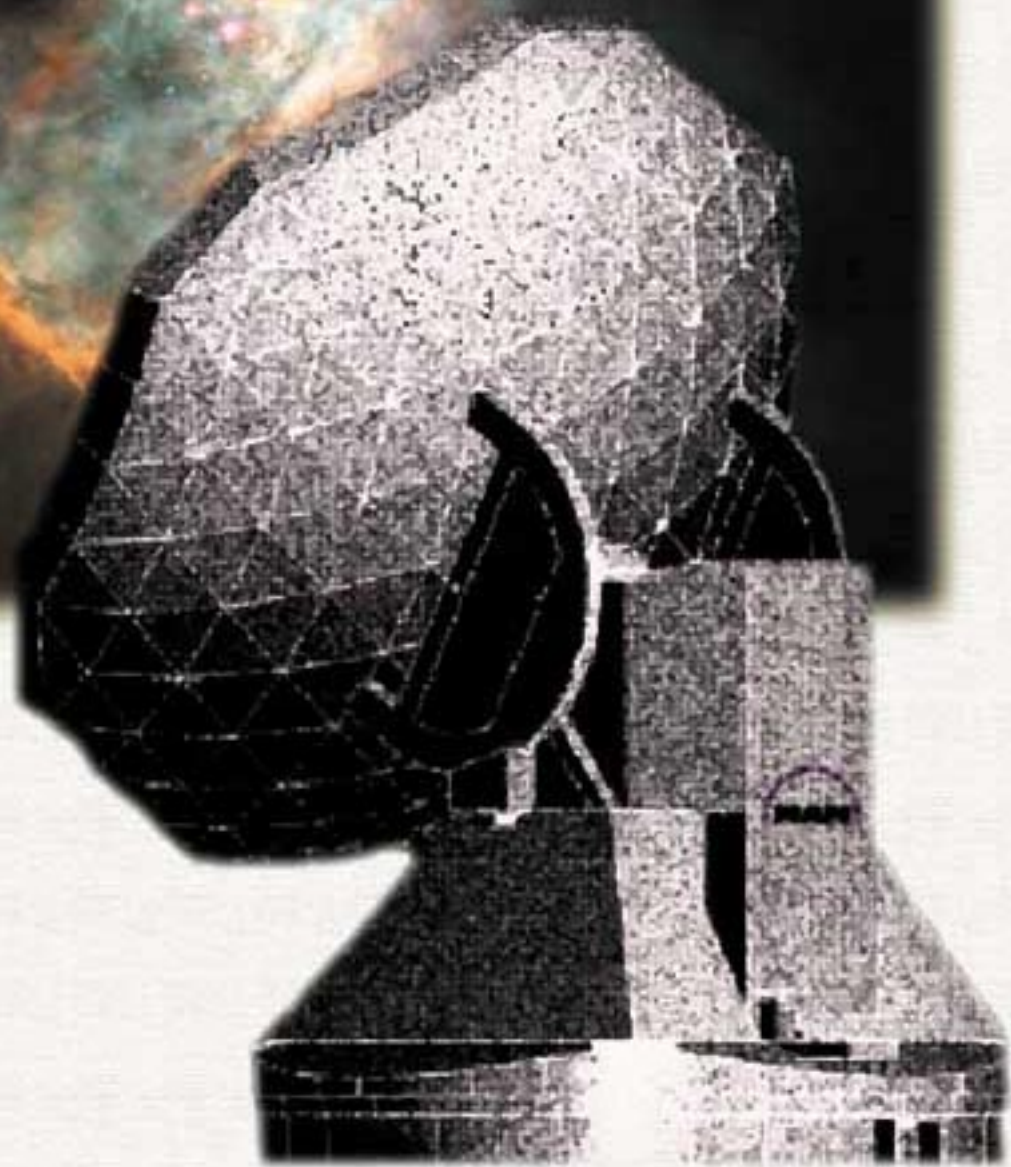
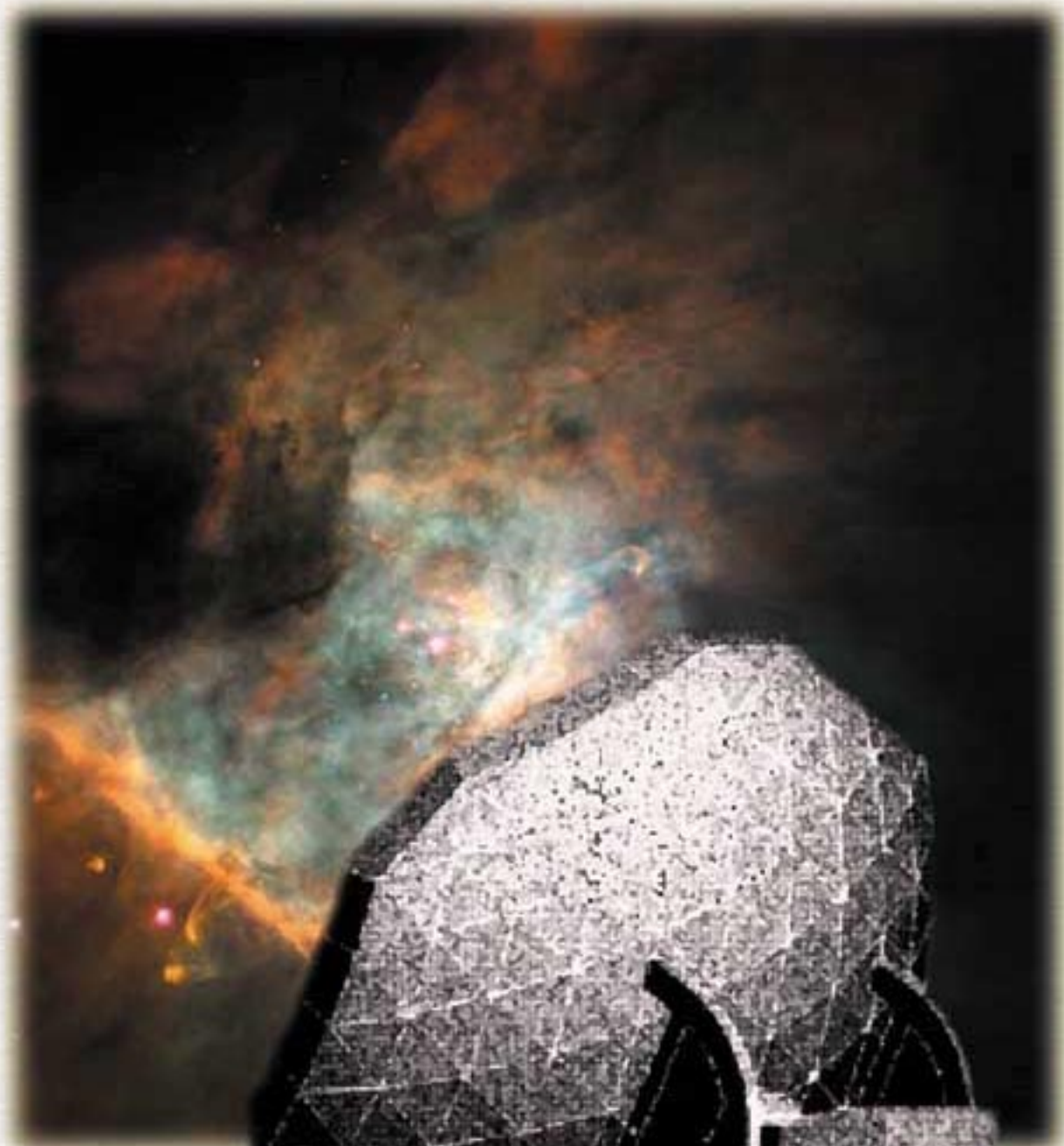
no de los gestos más antiguos del hombre es alzar la cabeza y contemplar con asombro el cielo estrellado. Casi siempre esa contemplación termina con un sentimiento de fraternidad con el Universo”, expresó Octavio Paz al recibir el Premio Nobel de Literatura, en diciembre de 1990.

Quizás esa hermandad sea resultado, como el propio escritor mencionó, de que los humanos somos un eslabón de la cadena del ser, como llamaban los antiguos filósofos al cosmos; formamos tan sólo una parte del sistema inmenso denominado naturaleza.

Así, el firmamento ha sido fuente de inspiración no sólo para los artistas, sino para los hombres de ciencia, quienes desde hace cientos de años empezaron a crear instrumentos que les ayudaran a observar más allá de lo que su propia vista les permitía, a entender mejor el movimiento de los astros y, aún más, su propio origen.

La inquietud por escudriñar el Universo y por develar sus secretos como en la antigüedad continúa inmutable, y para ello se utilizan instrumentos de investigación astronómica cada vez más complicados. Pronto se unirá a ellos el Gran Telescopio Milimétrico (GTM), el más gigantesco de su tipo en el mundo, proyectado y construido por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), dependencia integrante del Sistema SEP-Conacyt, y la Universidad de Massachusetts, Estados Unidos.

El doctor Alfonso Serrano Pérez Grovas, principal investigador e impulsor del proyecto del GTM y director adjunto de coordinación del Sistema SEP-Conacyt, habla de este coloso de 50 metros de diámetro, que pondrá a



nuestro país en la vanguardia de la investigación astronómica mundial.

Ver a distancia: Los antecedentes

**H**ans Lippershey era un fabricante de gafas de la ciudad de Middelburg, en la provincia de Zeeland, situada al sudoeste de Amsterdam, Holanda. En 1608, con ayuda de su aprendiz, ideó un tubo de metal en el que pudieran colocarse dos lentes en el lugar apropiado. Obtuvo lo que denominó “observador”, y luego se le llamó “tubo óptico”, “cristal óptico” o “cristal perspectiva”, pero no fue sino hasta 1612 cuando un matemático griego, Ioannes Dimisiani, para designar el artefacto sugirió la palabra “telescopio” formada a partir de voces griegas que significan ver a distancia.

Galileo Galilei, luego de oír hablar del invento de Lippershey, ideó su propio telescopio, para lo cual usó una lente plano-cóncava (“ocular”) y otra plano-convexa (“objetivo”), colocadas en los extremos opuestos de un tubo de plomo de 4.2 centímetros de diámetro, y posteriormente lo mejoró, aunque sin entender la función de esas lentes con respecto a la luz.

El telescopio, a pesar de haber tenido uso militar en sus inicios, significó un espectacular avance que cambiaría por completo la visión que el hombre tenía del Universo y de sí mismo, cuando Galileo dirigió su instrumento al cielo y observó la Luna. En tanto, los demás sabios de la época se aferraban al concepto aristotélico de la perfección no terrenal de los cuerpos celestes, pero las primeras observaciones con el tosco telescopio destruyeron ese supuesto griego, que se había aceptado con veneración por un lapso de casi dos mil años.

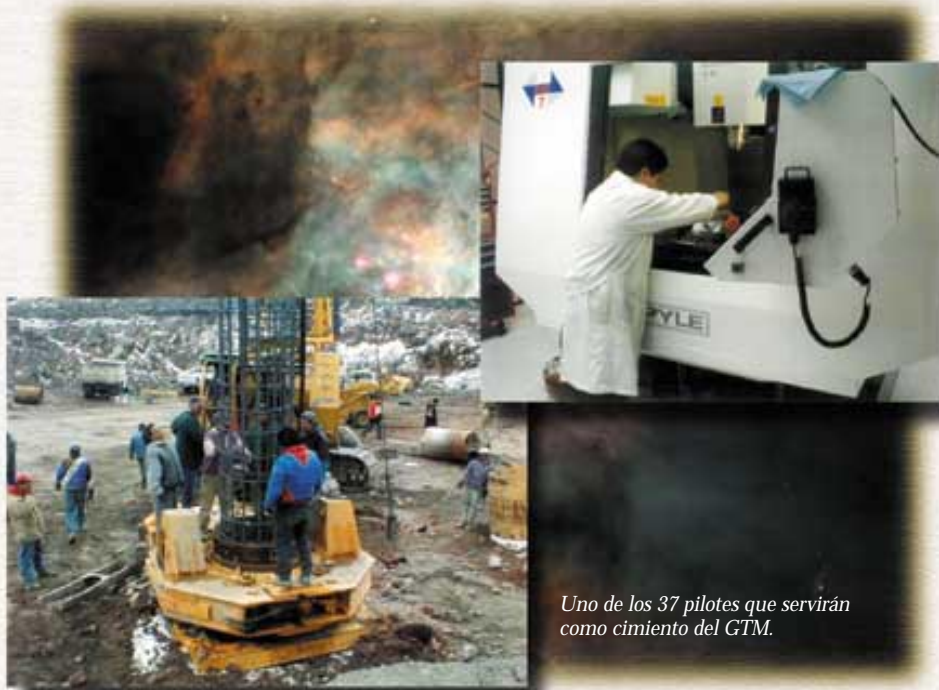
Y se hizo la luz...

**E**xisten importantes objetos inmateriales, y de éstos, el más conocido y más ampliamente apreciado es la luz, dice Isaac Asimov. Esa onda, producto de la fuerza electromagnética, actúa a escala atómica y es responsable no sólo de los fenómenos eléctricos y magnéti-

cos, sino de la percepción de los colores y las formas; se transmite a través de partículas llamadas fotones, que se mueven a una velocidad (en el vacío) de 300 mil kilómetros por segundo, y posee diversas energías que dependen de la frecuencia de vibración de la onda asociada al fotón.

El doctor Serrano señala que el ojo humano es capaz de percibir sólo ciertos fotones con determinada longitud de onda, y el abanico de energías que podemos distinguir se denomina “espectro visible” y se corresponde con una serie de colores (los del arcoíris). Pero el espectro electromagnético se extiende más allá del violeta y del rojo; así, hay radiación infrarroja (por debajo del rojo), microondas y ondas de radio (más allá del infrarrojo), ultravioleta (por encima del azul-violeta) y rayos X y gamma (producidos en las reacciones nucleares, por ejemplo). De este modo, todas las radiaciones luminosas que proceden del espacio se enmarcan en dicho espectro; la única diferencia entre ellas es que la vibración de las ondas se produce con distintas longitudes; las de radio tienen una longitud de kilómetros, metros, centímetros o milímetros, y las que vemos, una longitud de 0.8 a 0.4 micras, en tanto que los rayos X poseen de 300 a 0.06 angströms (unidad equivalente a una diezmillonésima parte del milímetro).

Según la naturaleza de los astros o de las distintas fuentes de luz que hay en el espacio, la emisión de radiaciones se produce de uno u otro tipo, de modo que el Universo está surcado por radiaciones de todas las longitudes de onda, y en la investigación astronómica se emplean instrumentos que cubren esa gama de longitudes. Por ello, existen telescopios para rayos gamma, o X para el espectro visible, infrarrojos, de microondas y radiotelescopios, entre otros. Los milimétricos, como su nombre lo indica, captan la luz que tiene un milímetro. Con este tipo de instrumentos se pueden observar las regiones donde existen moléculas y la emisión del polvo de galaxias antiguas, las primeras que se formaron. Eso se debe, en el primer caso, a que todas las moléculas, que se encuentran solamente en las regiones frías, donde se forman las estrellas y los planetas (porque al calentarse el medio interestelar, éstas se rompen y forman átomos) que, al rotar, emiten luz de milímetros, y en el segundo caso, a que el Universo se en-



Máquina de pulido de paneles.

Uno de los 37 pilotes que servirán como cimiento del GTM.

cuentra en expansión y, por tanto, las galaxias más lejanas tienen su espectro corrido hacia la región de los milímetros, por lo cual es posible “observar” el origen del cosmos.

En este sentido, con el GTM será posible estudiar la estructura en espiral de las galaxias, la geometría del campo magnético en las estrellas jóvenes y la formación de otras, así como la química de las nubes moleculares. “Las reacciones químicas –dice el doctor Serrano– permiten la transformación de las moléculas, de las cuales se han observado más de cien tipos, algunas muy complejas, e incluso aminoácidos; pero si éstos son de alguna manera la semilla para que pueda o no desarrollarse la vida en los planetas es un asunto aún sin resolverse, aunque resulta uno de los aspectos que nos gustaría estudiar.”

Desde luego, existen ya varios telescopios milimétricos en el mundo, la mayor parte de ellos del orden de los 15 metros de diámetro; el más grande hasta ahora tiene 30 metros, pero el que se construye en nuestro país, con sus 50 metros, llegará tres veces más lejos que su antecesor inmediato, y por primera vez será posible descubrir los orígenes del Universo.

#### Hecho en México

La importancia de la astronomía indígena mesoamericana es de todos conocida. A ese conocimiento de los pueblos maya, mixteco y nahua, entre otros, se sumó luego el de los criollos ilustrados de la época colo-

onial y el de los científicos del siglo XIX. En México, la astronomía clásica se inicia en 1867, cuando Francisco Díaz Covarrubias instaló en la azotea del Palacio Nacional un pequeño observatorio astronómico, que luego adquiriría el carácter de nacional.

La tradición de los estudios astronómicos continuó con el paso de los decenios; empero, era necesario desarrollar la capacidad de observación más allá del espectro óptico. De ahí, y de la colaboración del INAOE con la Universidad de Massachusetts, surgiría el proyecto del GTM hace doce años. A partir de entonces, los investigadores en ambos lados de la frontera se dieron a la tarea de planearlo y de conseguir recursos. “En el caso de México, el proyecto se presentó al Conacyt, y después de una serie de evaluaciones de diferentes comités, así como de un grupo de empresarios que analizó sus posibilidades tecnológicas, el proyecto fue aprobado en noviembre de 1994, mediante el Programa de Apoyo a la Ciencia en México (Pacime)”, recuerda el doctor Serrano Pérez Grovas, y para entonces, también los estadounidenses hicieron una evaluación similar y obtuvieron fondos.

“Desafortunadamente –continúa– en diciembre vino la devaluación, así que a principios de 1995 contábamos con la mitad de los fondos del que unos días antes pensábamos tener, pero el propósito de conseguir financiamiento continuó desde entonces.” Sin importar esa situación adversa, a partir de 1995 se comenzaron los trabajos, y para ello se recurrió a un conjunto de expertos a escala internacional, se formó un comité técnico consultor y se licitó



el diseño del instrumento, para otorgarlo, después, a la empresa alemana MAN Technologies. Sin embargo, un nuevo reto se presentó al mismo tiempo, representado por la elección del lugar en donde se instalaría el GTM, y luego de estudiar múltiples posibilidades en el centro del país, en la sierra de San Pedro Mártir, Baja California, y otras como la del Tacaná, en la frontera con Guatemala, se decidió que el sitio con las mejores condiciones era el Cliltépetl o Cerro de la Negra, ubicado en el municipio de Chalchicomula, en el estado de Puebla.

Más que un cerro, con su 4 640 metros de altura La Negra es la quinta cumbre más alta del territorio nacional –sólo superada por el Pico de Orizaba–, ubicado a tan sólo diez kilómetros de distancia del Cliltépetl, el Popocatepetl, el Iztaccíhuatl y el Nevado de Toluca. Allí, las condiciones y el emplazamiento para la observación astronómica son las ideales: “El mejor lugar para construir un telescopio –afirma el doctor Serrano– sería el ecuador, desde donde se observa toda la bóveda celeste, pero las características meteorológicas son adversas, pues la humedad, las precipitaciones y el vapor de agua en la atmósfera, bloquean la luz que llega del espacio.”

En los Estados Unidos existen sitios de gran altura y escasas lluvias, pero la desventaja es que desde allí no se observa el cielo del hemisferio sur. En cambio, el estado de Puebla se localiza entre los paralelos 17° 52' y 20° 51' de latitud norte, con lo cual se ganan 20° de visibilidad hacia el sur (donde se halla el mayor número de estrellas, galaxias y regiones de formación estelar), en contraste con el vecino país del norte. El Cerro de la Negra forma parte del parque nacional del Pico de Orizaba, región poco poblada y libre de antenas de televisión o microondas que pudieran afectar la recepción de las señales espaciales. Por todo ello es el lugar idóneo.

#### El funcionamiento

Un telescopio tiene dos movimientos, uno azimutal o rotatorio, y otro de altura, que va de arriba hacia abajo, del cenit al horizonte, y viceversa, y la combinación de ambos permite orientar la antena a cual-

quier lugar del cielo. La luz que llegará al gran espejo primario de 50 metros se concentrará en otro de 2.7 metros de diámetro, soportado por cuatro “brazos” y ubicado a 20 metros del primero. Luego, la luz se rebotará una vez más al centro del espejo primario, que tendrá un agujero en el cual se colocarán los instrumentos de medición.

Al respecto, el doctor Serrano afirma: “La gran dificultad que tendrá el GTM es el tamaño de sus componentes, del orden de decenas de metros, y el uso de una luz que mide un milímetro. Esto quiere decir que se debe lograr la precisión de una décima de milímetro en 50 metros, lo cual es tecnológicamente complicado.” De esa manera, se moverá con gran precisión una masa de dos mil toneladas, es decir, la estructura tridimensional de tubos de acero que forman la antena. Además, deberán compensarse los efectos de la temperatura que tiende a deformar la superficie, pues cuando calienta el sol se expande una parte de ella.

La construcción del GTM comenzó en 1999, y como todo buen proyecto, inició por los cimientos, que soportarán la antena (equivalente en longitud a media cancha de fútbol). “La cimentación es muy compleja, puesto que el telescopio no puede ser como una vela de barco que se mueve al viento.” Para evitar tal inconveniente se colocaron pilas de concreto hasta de 30 metros de profundidad, que llegan a la roca sólida, de modo tal que el instrumento no se desplace más allá de una fracción de milímetro. Los efectos ambientales se calcularán y corregirán en tiempo real con la ayuda de computadoras.

#### Los beneficios

El doctor Serrano destaca, como uno de los resultados más importantes de este megaproyecto, que más del 70 % del telescopio esté siendo fabricado en nuestro país, con lo cual “las empresas mexicanas han demostrado su capacidad de competir en el ámbito internacional”, y explica que la antena está hecha de fibra de carbono: “En México no existía una fábrica de este material, pero logramos la transferencia de tecnología de una empresa americana a otra nacional. Desde luego, también se empleará en

*Cerro de La Negra, con una altura de 4,500 metros.*



*Edificio de superficies esféricas para paneles.*

la industria aeroespacial y se exportará a todo el mundo para construir satélites y aviones.” De este modo, se generan divisas y empleos.

Además, con ayuda de la Universidad de Massachusetts se inició en nuestro país el conocimiento de la radiación de milímetros o microondas de altas frecuencias: “Un teléfono celular usa una microonda de un gigahertz, un satélite, una de siete u ocho, y en el caso del GTM, los receptores, desarrollados específicamente para él son de 300 gigahertz”, explica el especialista. Por ello, se adquirió el compromiso de formar recursos humanos en esta área, y en 1993 se creó en el INAOE un posgrado en electrónica, con especialidad en altas frecuencias, que se ha convertido en el más importante del país.

Algunos graduados de maestría y doctorado colaboran en la instrumentación del GTM; otros ya trabajan en diversas empresas y desarrollarán esta tecnología para usos comerciales, como el de las telecomunicaciones, que en la actualidad se enfrentan al reto de adquirir cada día mayor rapidez. De ser así, por ejemplo, podrían exportarse al mundo los dispositivos para altas frecuencias.

“Estamos preocupados por transferir tecnología a la industria –lo cual ya sucede aún antes de que el telescopio esté terminado–, porque ese es el único camino de progreso para México. Mientras no se produzcan bienes con alto valor agregado, la nuestra seguirá siendo una nación pobre, pues está demostrada la relación íntima que existe entre la ciencia, incluso cuando sea tan básica como la astronomía, y el desarrollo y progreso de un país”.

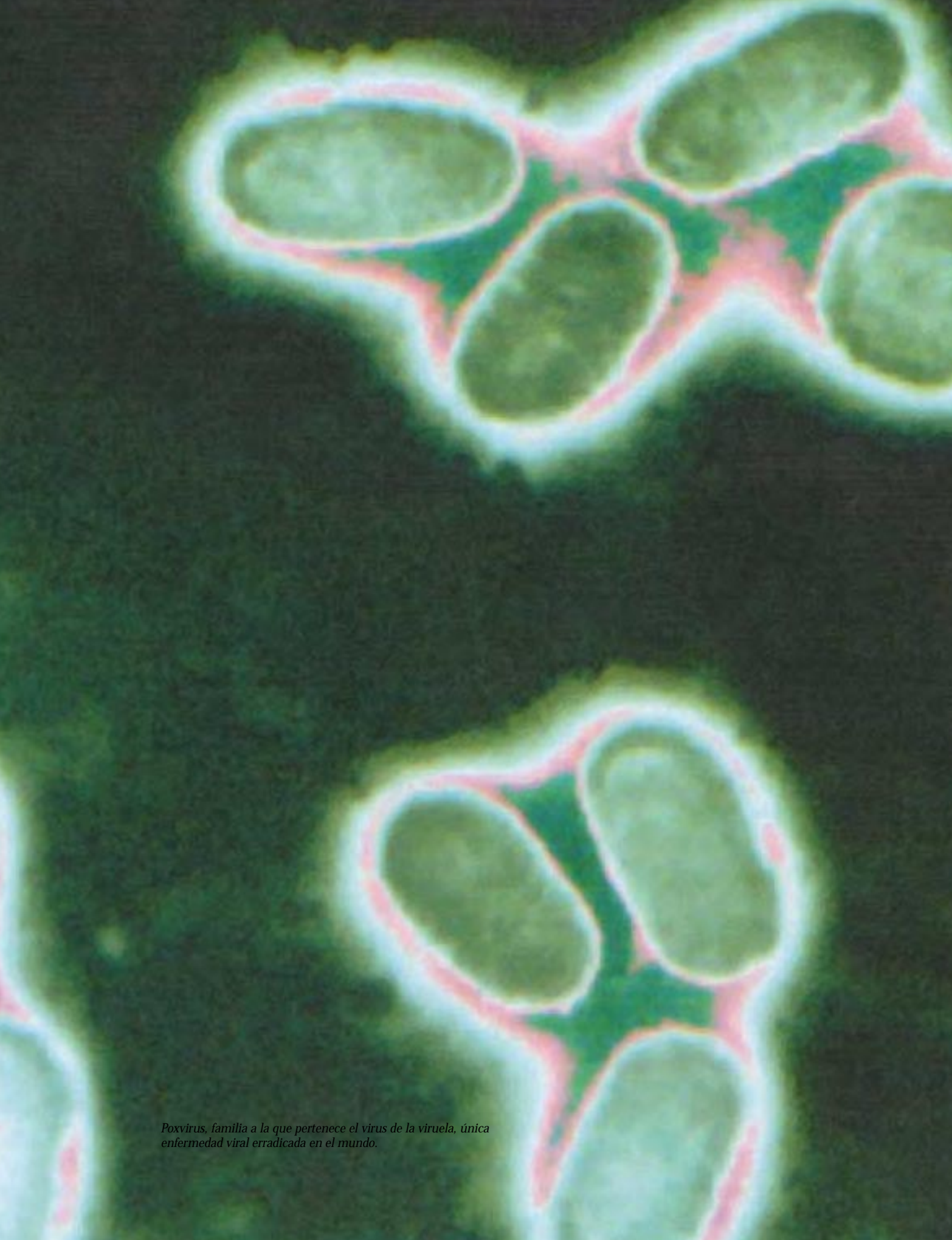
Otro beneficio derivado del GTM es que la astronomía mexicana, los investigadores y estudiantes, adquirirán una gran capacidad de negociación e interacción con

sus pares en todo el mundo, y será posible intercambiar el tiempo de observación en telescopios de diferentes tipos, especialistas extranjeros visitarán el país, se atraerá a más jóvenes a la ciencia y habrá otro motivo de prestigio internacional para México.

#### Afinando detalles

El tiempo de observación del GTM se dividirá en partes iguales entre los mexicanos y los norteamericanos, ya que ellos aportaron el 50% de los recursos para su construcción, esto es, 40 millones de dólares. La mitad correspondiente a nuestro país se pondrá a disposición de los astrónomos que laboran en las universidades Nacional Autónoma de México, de Guadalajara y de Guanajuato, y por supuesto en el INAOE, así como también podrán utilizarlo otras instituciones que desarrollen grupos de astronomía.

El doctor Serrano Pérez Grovas asegura que está calculado que el telescopio podrá usarse al menos durante tres decenios, y con ventaja de varios años sobre otros del mismo tipo, que apenas están en proyecto en el mundo y que comenzarán a operar alrededor del 2015. Los cimientos y la estructura metálica del GTM se concluirán este bimestre (noviembre-diciembre), así como los paneles del espejo primario. “Esperamos que se pueda probar en la fábrica a finales de este año, que se instale en el Cerro de la Negra en los primeros meses del 2001, y que para finales del mismo podamos comenzar a hacer observaciones astronómicas.” Así, los científicos mexicanos tendrán la oportunidad de ser los primeros en asomarse a esta ventana, que permitirá ver más lejos que nunca antes, es decir, hasta los orígenes del Universo. 🌌



*Poxvirus, familia a la que pertenece el virus de la viruela, única enfermedad viral erradicada en el mundo.*



# Fin de milenio Los virus, nuevos invasores

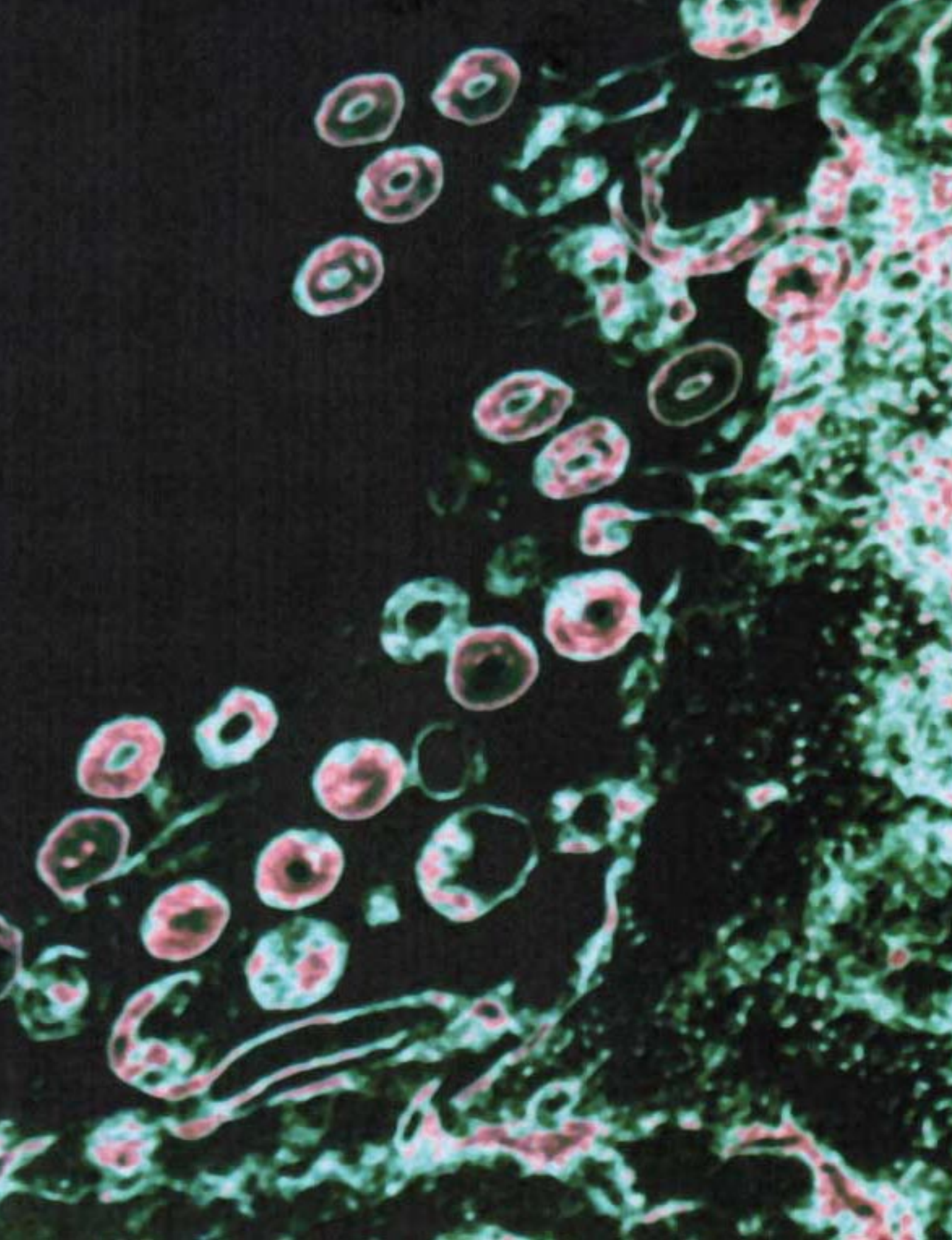
ALVARO AGUILAR SETIEN Y EMILIANO TESORO CRUZ

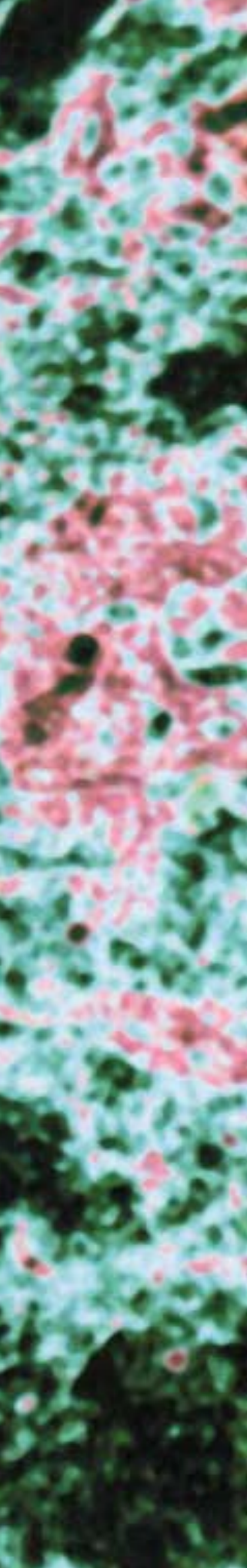
P

RODUCTO DE UNA LARGA EVOLUCIÓN, LOS VIRUS SON UNA MARAVILLA de simplicidad y eficacia, cuyo solo objetivo es el de permanecer y parasitarnos. Desde un punto de vista genético, estos microorganismos son los más simples que se conocen y necesitan forzosamente de la maquinaria de una célula evolucionada para su replicación (para una definición más amplia de los virus, véase artículo del mismo autor en *Ciencia y Desarrollo*, 1991, vol. XVII, núm. 99).

Como todas las especies, los virus evolucionaron a lo largo del tiempo por medio de una selección natural que conserva sólo a los que mejor se adaptan a los cambios del ambiente. Empero, gracias a su simplicidad los virus tienen la ventaja de reproducirse más rápido que los organismos parasitadores (el ser humano incluido), ganando en no pocas ocasiones la partida de la sobrevivencia. Los virus son probablemente los organismos existentes con mayor capacidad de adaptación.







*Múltiples partículas de herpesvirus, emergiendo de una célula infectada. Estos virus aparecen en individuos inmunosuprimidos.*

Por ello, en los albores del siglo XXI, cuando creíamos poder celebrar la victoria del progreso médico, alabando la eficacia de la higiene, de las vacunas y de los antibióticos, hemos tenido que reconocer no sólo que las enfermedades virales están presentes más que nunca en el mundo, sino también que las sociedades modernas les ofrecen nuevos medios para surgir y propagarse. En efecto, el Sida fue la primera enfermedad viral en enfriar nuestras ilusiones acerca de una ciencia médica todopoderosa. Después, alrededor del mundo hemos visto aparecer brotes de enfermedades provocadas por virus, algunas de ellas completamente nuevas, con nombres de asesinos exóticos como Ebola, Machupo, Lassa, Hanta, etc. Pero ¿qué hay además de su gran capacidad de adaptación?, ¿por qué los virus parecen proyectarse como los microorganismos patógenos del futuro?

A lo largo de la historia de la ciencia médica se han desarrollado diversas armas para combatir las enfermedades infecciosas, y una de las más importantes se atribuye a Alejandro Flemming, quien en 1929 descubre la penicilina a partir de un hongo (*Penicillium notatum*), lo que marcó la pauta para el desarrollo y descubrimiento de novedosas y múltiples sustancias que atacan en forma específica a bacterias, parásitos y hongos principalmente. El crecimiento de dichos agentes antimicrobianos fue relativamente rápido, ya que se trata de organismos que cuentan con cierto grado de independencia respecto al organismo que afectan; es decir, las bacterias, los parásitos y los hongos cuentan con lo necesario para reproducirse y obtener su energía vital sin recurrir a la maquinaria de la célula infectada, lo que se contrapone al mecanismo de supervivencia de los virus que, como se dijo, por fuerza requieren de la maquinaria de la célula infectada. En el caso de los virus es más difícil producir una sustancia que los afecte, sin que al mismo tiempo se lesione la célula huésped. Así, el surgimiento de los antibióticos eliminó del panorama de las enfermedades a muchas producidas por bacterias que en otros tiempos fueron el azote de la humanidad. Si hacemos memoria, recordaremos que en la Edad Media la peste bubónica transmitida de las ratas al hombre por medio de las pulgas fue responsable de la muerte



de más de un cuarto de la población total de Europa occidental y, actualmente, la bacteria que la produce (*Yersinia pestis*) es controlada en forma perfecta con higiene y antibióticos.

El uso de variadas prácticas sanitarias como el tratamiento con cloro del agua de beber, la pasteurización de alimentos como la leche, la debida cocción de los alimentos y las prácticas elementales de higiene, han reducido de manera dramática la incidencia de enfermedades bacterianas y parasitarias. Gracias a estos descubrimientos, en menos de 150 años el panorama de los padecimientos infecciosos ha cambiado enormemente. La eliminación de los grandes brotes de enfermedades bacterianas de otros tiempos mediante los antibióticos y la aplicación de medidas de higiene ha permitido que los virus sean más evidentes; en efecto, las infecciones bacterianas del pasado constituyeron no sólo una pantalla que escondía las enfermedades virales, sino también una barrera que limitaba su expansión. Por otro lado, variados factores como la explosión demográfica, la globalización (aumento en las comunicaciones, intercambio de personas y de mercancías), la invasión de zonas forestales por parte del ser humano y los cambios climáticos han contribuido a la expansión de las enfermedades virales existentes y de otras nuevas.

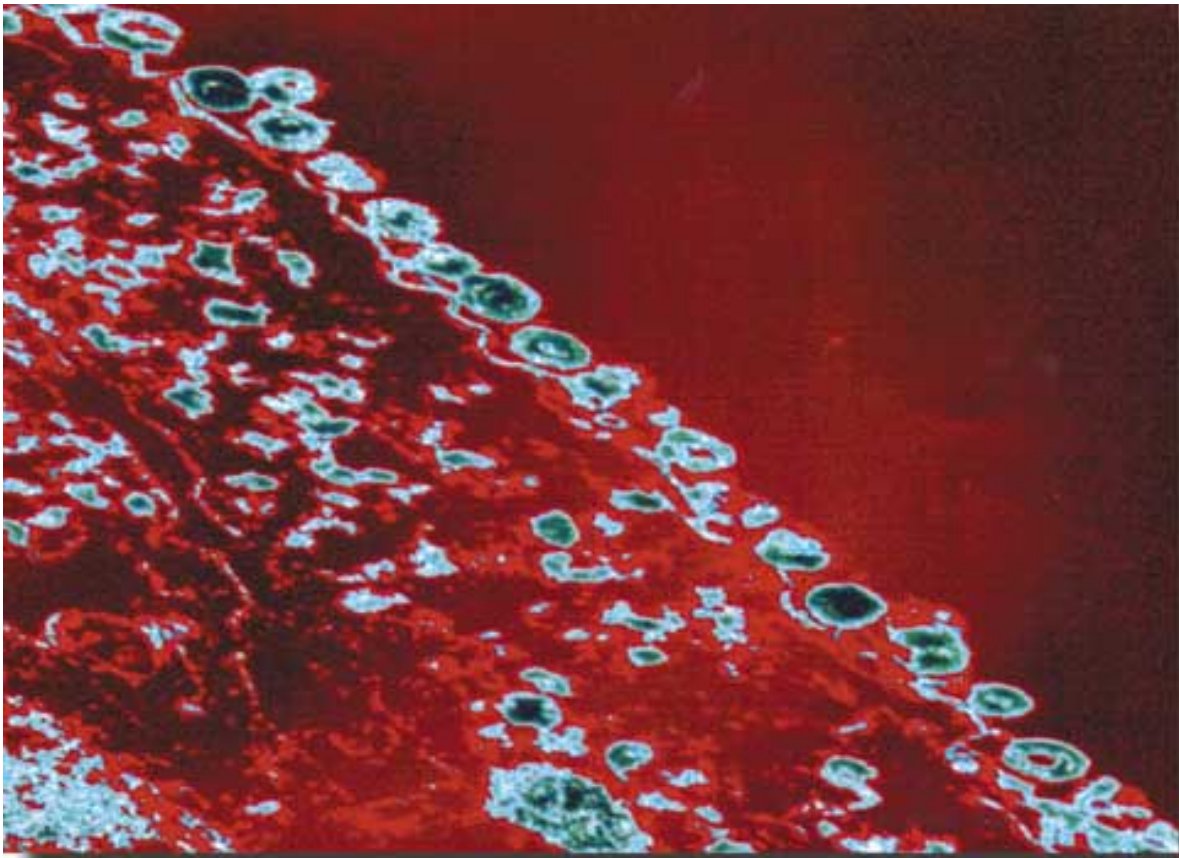
#### Antiguas y nuevas enfermedades provocadas por virus

La presencia ubicua y la expansión de las enfermedades virales no significa que la ciencia médica no haya tenido importantes y sonados triunfos en contra de estos agentes infecciosos. Hay cierto número de enfermedades provocadas por virus que se han podido controlar en la actualidad gracias al arduo trabajo de científicos de todo el mundo, quienes han creado diversas vacunas que constituyen la parte más importante del arsenal contra los virus.

El desarrollo y la producción masiva de vacunas eficaces ha protegido a grandes sectores de la humanidad de graves enfermedades producidas por virus, que en el pa-

sado conducían a la muerte. En octubre de 1977 un sueño se hizo realidad, el último caso de viruela en el mundo fue registrado en Somalia (Africa del este) y dos años más tarde, en mayo de 1980, la Organización Mundial de la Salud (OMS) certificó que la viruela había sido erradicada del planeta y se dejó de vacunar contra esta enfermedad. En fechas recientes se destruyeron, por acuerdo internacional, las únicas reservas del virus patógeno contra la viruela, que se encontraban resguardadas en laboratorios de investigación rusos y americanos. No obstante este logro inédito en la historia de la medicina, al haber dejado de vacunar a toda una generación contra la viruela se propició la existencia de poblaciones susceptibles que, en agosto de 1996, una región de la República Popular del Congo, llamada Katakó-Kombé, fue infectada por un poxvirus muy similar al causante de la viruela en humanos, denominado *monkeypox* y proveniente de simios, que provocó 71 casos, seis de ellos fatales. Esta infección adquirida por intermedio de los primates, no podía manifestarse en otros tiempos, cuando la vacunación contra la viruela se aplicaba en todo el mundo, ya que dicha vacuna protegía en forma cruzada contra los virus relacionados.

Otra enfermedad producida por virus, que ha podido ser controlada eficazmente mediante vacunación, es la polio. Las personas que contamos con más de 40 años de vida podemos recordar a algunos de nuestros compañeros de estudios con secuelas de poliomielitis, soportando aditamentos metálicos en las piernas, y muchos de nosotros recordamos también la existencia en los hospitales de los llamados pulmones de acero, que servían para mantener con vida a los afectados gravemente en sus nervios respiratorios por el virus de la polio. Por fortuna, gracias a la vacunación contra esta enfermedad, las nuevas generaciones –nuestros hijos– ya no conocen este tipo de padecimientos, y por otro lado vemos con asombro cómo se han producido algunos casos graves de polio en lugares en donde se han relajado los programas de vacunación. Fallas estratégicas en el empleo y producción de vacunas han provocado también, entre 1997 y 1998, más de 50 mil casos de sarampión en Brasil y Argentina.



Retrovirus emergiendo de un linfocito infectado. El virus del Sida (VIH) pertenece a esta familia.

Dado que la esperanza de vida se ha prolongado considerablemente en muchos países, algunos virus como el que produce el herpes zoster o “zona” ha encontrado un campo fértil en personas de la tercera edad entre quienes se observa cierto grado de deterioro inmunitario en forma natural.

#### VIH-Sida

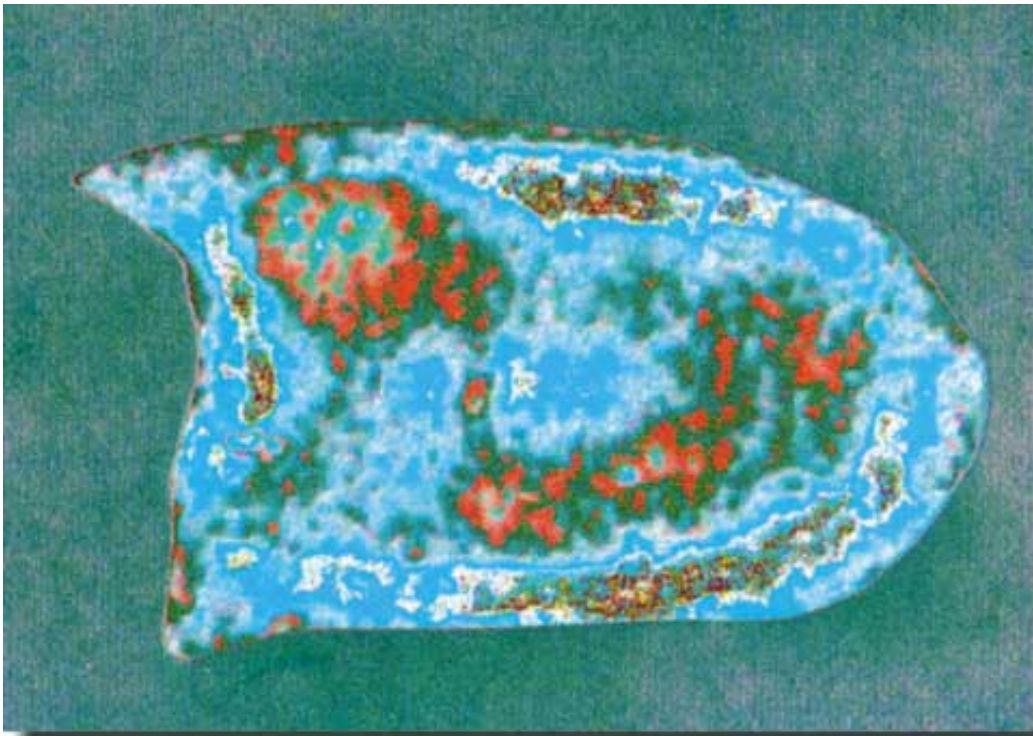
**H**ay evidencias de que el virus del síndrome de inmunodeficiencia adquirida (Sida) existía años antes de que se hubieran presentado y detectado los primeros grandes brotes de la enfermedad en la década de los años ochenta. Varios factores de nuestra civilización actual contribuyeron a su expansión, sobre todo el aumento de los viajes internacionales, la promiscuidad homo y heterosexual, el consumo de drogas y la generalización de las transfusiones sanguíneas. Estos dos últimos factores son, además, responsables del recrudecimiento de la hepatitis viral con graves efectos. Cabe notar con tristeza cómo un elemento del progreso médi-

co (la generalización de las transfusiones sanguíneas) ha contribuido a la diseminación de los virus.

En la actualidad se sabe que existen en el mundo más de 30 millones de personas infectadas con el VIH (seropositivas). La expansión del virus del sida combinado con terapias como la zidovudina (AZT), que interfiere con la transcripción de los ácidos nucleicos virales, ha permitido un aumento en la supervivencia y una mejoría en la calidad de vida de los enfermos, por lo que se ha generado un cierto número de individuos llamados “inmunocomprometidos” que pueden ser afectados por infecciones oportunistas, las cuales normalmente no provocan enfermedad en individuos sanos, como por ejemplo la neumonía por *Pneumocystis carinii*, las infecciones diseminadas por el complejo *Mycobacterium avium* y *M. tuberculosis*, o por citomegalovirus, criptosporidiasis intestinal, esofagitis por *Candida albicans* y toxoplasmosis, entre otras. Esto se debe a que el sistema inmune de los seropositivos se encuentra afectado y causa agotamiento así como disminución de los linfocitos CD4.

Los inmunocomprometidos no pueden ser inocula-





*Virus de la rabia en forma de bala de revólver. La rabia es el ejemplo clásico de las zoonosis virales (enfermedades transmitidas por los animales al hombre).*

dos con vacunas que contengan virus vivos, porque éstas les podrían provocar diversos padecimientos. En forma general podemos decir que las cepas de virus que no son patógenos para los individuos sanos pueden provocar brotes de afecciones o enfermedades “nuevas” en los inmunocomprometidos. En la actualidad las técnicas recientes de biología molecular han generado una serie de elementos biológicos, dentro de los que podemos mencionar las vacunas recombinantes, que son en realidad verdaderas quimeras de dos o más tipos de virus. Estas nuevas vacunas presentan muchas ventajas respecto a las tradicionales (véase artículo del mismo autor en *Ciencia y Desarrollo*, 1991, vol. XVII, núm. 99), sin embargo, no se sabe lo que estos nuevos microorganismos, fruto de las manipulaciones genéticas del hombre, podrían provocar en los grupos de individuos inmunocomprometidos.

#### Las zoonosis

**L**a zoonosis es toda enfermedad que puede ser transmitida de los animales al hombre. En sentido estricto, la afección que se produjo en los individuos africanos no vacunados contra la viruela, es decir, el *monkeypox*, fue una zoonosis. Por otro lado, el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) que provoca el sida tiene probablemente un origen zoonótico, ya que como se sabe actualmente los macacos son portadores

sanos de un virus muy similar al de dicho padecimiento, que afecta particularmente a los habitantes de África del oeste, el VIH-2. El prototipo de las zoonosis producidas por virus es la rabia, enfermedad que se transmite al hombre directamente del animal enfermo (doméstico como el perro o silvestre como los murciélagos hematófagos) por mordedura. Si bien existe un progreso mundial en cuanto al control de la rabia que transmite el perro (rabia urbana), en la actualidad otros animales silvestres como los mapaches, los zorrillos y los coyotes toman la estafeta en la conservación de la enfermedad (para una definición más amplia del problema de la rabia, véase artículo del mismo autor en *Ciencia y Desarrollo*, 1999, vol. XXV, núm. 142). Es curioso notar cómo la invasión de la selva amazónica por buscadores de oro, alrededor de 1992, propició el aumento de casos de rabia humana producida por mordedura de murciélagos hematófagos.

Ejemplos clásicos de zoonosis son también las encefalitis virales, transmitidas al hombre por animales silvestres (roedores y aves) y domésticos (caballos principalmente) mediante el piquete de mosquitos (vectores). Prototipo es el brote de encefalitis equina venezolana (EEV) que se presentó en México en 1972 y causó alarma así como la movilización de un gran contingente del desaparecido Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarías de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Nombres de especialistas mexicanos, como Diódoro Batalla, An-

tonio Morilla y otros, son recordados en la historia del combate contra el brote. En aquel entonces se logró la ayuda y participación de los Estados Unidos para detenerlo, ya que por su desplazamiento amenazaba con rebasar las fronteras e internarse en nuestro vecino del norte. De tal manera, los norteamericanos cedieron a nuestro país la vacuna TC83 que se había generado en los laboratorios de su armada, como un medio posible de defensa biológica. En México (INIFAP) esta vacuna se produjo, se aplicó eficazmente y al final el brote de 1972 fue controlado.

La EEV como su nombre lo indica, afecta a los caballos pero también a los seres humanos, pudiendo provocar en ambas especies encefalitis y muerte. Después de un silencio de más de veinte años, en la actualidad tenemos noticias de nuevos brotes de EEV en Oaxaca y Chiapas, pero se desconocen varios aspectos de la ecología de dicho virus, pues como se mencionó, en su diseminación intervienen diversas especies de mosquitos que al picar transmiten la enfermedad. Además de los equinos y del ser humano, el virus también puede afectar a diferentes especies de aves (migratorias o no) y de mamíferos (roedores, rumiantes, etc.). Parece que existen dos ciclos en la naturaleza: 1) el ciclo enzootómico, en el cual el virus circula en mosquitos, aves, pequeños mamíferos y, ocasionalmente, en el ser humano y los equinos, y 2) el ciclo epizootómico, con amplia difusión del virus en la naturaleza, que se manifiesta con la aparición de brotes severos en humanos y equinos, como aquel de 1972.

¿Cuándo se presentan los brotes epizootómicos? Es difícil definirlo, pero resulta lógico pensar que factores climáticos que afecten a las poblaciones de vectores (mosquitos) como las lluvias o a la migración y proliferación de huéspedes intermediarios como aves o roedores, afectarán también la diseminación de la enfermedad.

El surgimiento de nuevas “cepas” virales ha sido el resultado de un cúmulo de mutaciones favorables que han constituido las llamadas “quasiespecies”, las cuales explican la rápida adaptación del virus a los cambios ambientales, considerándose éstos como un factor importante en la presentación de esos brotes graves. Se sabe actualmente que el calentamiento de la tierra puede producir

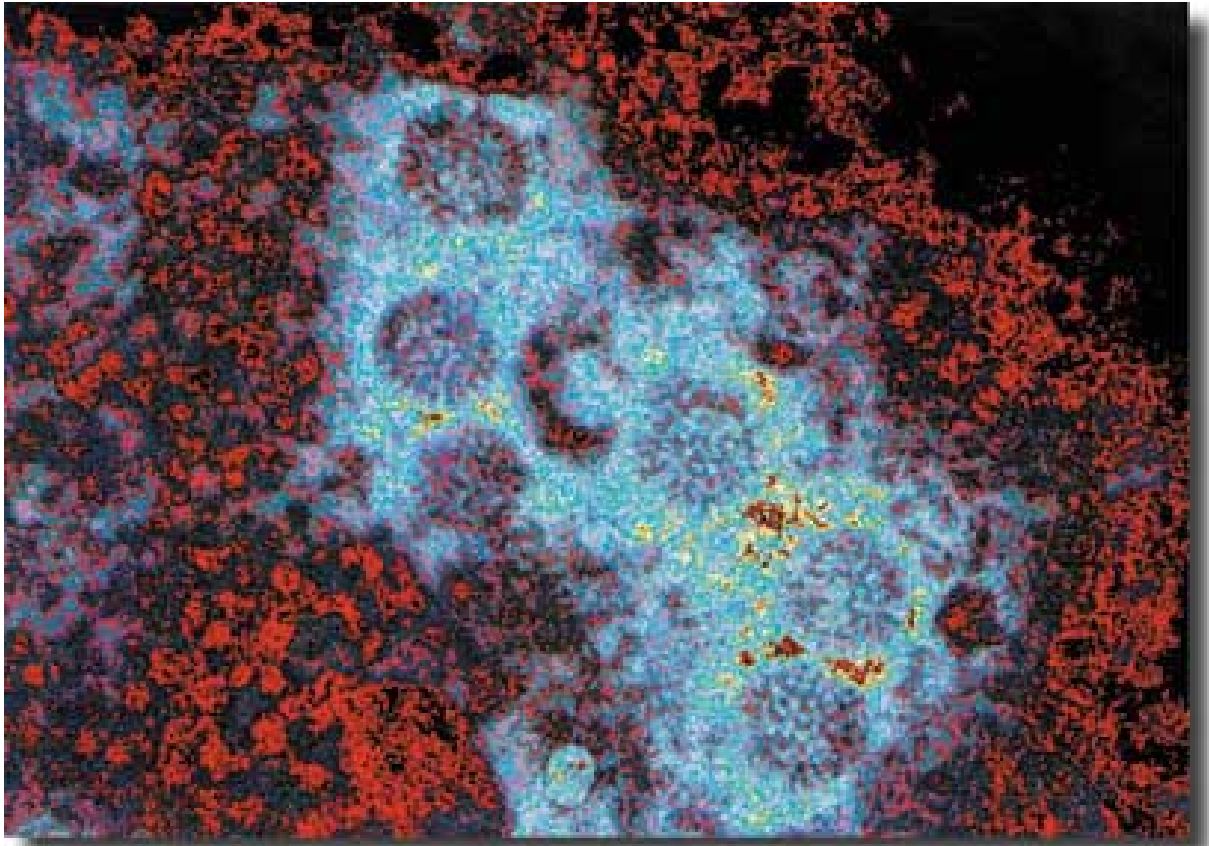
cambios climáticos que favorecerían las lluvias en algunos lugares y, por ende, la proliferación de reservorios-vectores (mosquitos) de este tipo de virus. La presencia de fenómenos climáticos cíclicos como El Niño puede también favorecer la aparición de estas enfermedades y generar brotes cíclicos de las mismas.

En septiembre de 1994, en una caballeriza del estado de Queensland en Australia, varios caballos son atacados por un grave padecimiento. Posteriormente los dos caballerangos que manejaron a los animales enfermos, sucumben a su vez; uno de ellos muere en dos días y el otro tarda seis meses en restablecerse. La causa, un virus de la familia de la rubeola, que se pensaba sólo atacaba a los caballos. ¿Cómo cambió súbitamente de huésped este virus, pasando de los caballos al ser humano? La respuesta queda aún en el ámbito del misterio.

#### Las fiebres hemorrágicas

**H**ablar de zoonosis como enfermedades virales emergentes resulta muy amplio; sin embargo, no podemos pasar por alto las llamadas fiebres hemorrágicas, causadas por virus que hoy en día son objeto de numerosos artículos, novelas y hasta de películas como *Epidemia*. Estos virus se caracterizan por ser los agentes biológicos más peligrosos que existen en la tierra, pues han sido los causantes de brotes explosivos de enfermedades altamente letales para el ser humano. El cuadro clínico que producen en los pacientes afectados se caracteriza por fiebre, seguida de un deterioro general de la salud, durante el cual aparecen hemorragias generalizadas y otras complicaciones en los sistemas cardiovascular, renal, digestivo y respiratorio, y finalmente la muerte. Pertenecen a las familias de los flavivirus, los filovirus, los arenavirus y los bunyavirus, y los que producen las fiebres hemorrágicas han tomado nombres como Puumula (Suecia), Guanarito y Machupo (América del Sur) y Ebola (África), ya que derivan de los lugares donde fueron reconocidos por primera vez, causando sorprendentes enfermedades.

Los flavivirus han sido registrados desde hace mucho tiempo, e incluyen al virus Amaril que causa la fiebre



*Rotavirus (partículas con simetría icosaédrica). Provocan diarreas que no se pueden controlar con antibióticos.*

amarilla, transmitida por mosquitos, así como el dengue; los restantes son de reconocimiento más reciente. Los bunya y arenavirus causantes de fiebres hemorrágicas circulan de manera natural en varias poblaciones zoológicas, y las epidemias que se han suscitado se caracterizan por la presencia de animales que sirven como huéspedes-reservorios para el virus. Varias especies de roedores son excelentes huéspedes-reservorios de este tipo de virus, ya que no muestran signos cuando se infectan. Estos animalitos desechan partículas virales a través de sus heces y particularmente de la orina. Los filovirus por su parte constituyen un misterio, ya que no se conoce cómo se transmiten ni cuál es el animal que funge como reservorio.

A continuación presentamos un extracto cronológico de los brotes de fiebres hemorrágicas en el mundo:

- Entre 1951 y 1953, dos mil soldados de la Organización de Naciones Unidas se infectan con virus Hanta (bunyavirus), llamado así por la ribera en donde se encontraban los roedores transmisores de la enfermedad.
- En 1967 se tiene el informe de que en Marburgo, Alemania, 25 personas son infectadas accidentalmente después de preparar cultivos celulares a partir de sangre de monos, y siete de ellas murieron en forma fulminante. De manera simultánea se reportan otros casos en Francfort y en Yugoslavia; todos ellos coincidían en laboratorios que habían recibido macacos de Uganda, los cuales murieron, sugiriéndose por este hecho que no eran reservorios naturales del virus Marburg (filovirus).
- En 1970, el virus de la fiebre del Valle de Rift (bunyavirus) en Egipto, infecta a más de dos mil personas, produciendo 600 casos fatales.
- En 1976, el virus de Ebola (filovirus) causa más de 300 muertes fulminantes, alrededor de un hospital en Yambuku, Zaire.

- En 1989 se provoca pánico cuando unos monos que estaban en cuarentena en Reston, Virginia, Estados Unidos, mueren a causa de un virus tipo Ebola.
- En 1993, una variedad de hantavirus denominada paradójicamente “sin nombre”, afecta a 114 personas, matando súbitamente a 58 de ellas, en Nuevo México, Colorado y Nevada, en los Estados Unidos, coincidiendo este brote con un aumento en las poblaciones de roedores.
- En 1994, el virus Machupo (arenavirus) mata repentinamente a siete personas en San Joaquín, Bolivia.
- En 1995 surgen nuevos brotes de Ebola (190 muertos), en Kikwit, Zaire.

Los virus que producen fiebres hemorrágicas no son estrictamente nuevos; al parecer éstos han existido por millones de años y su presencia se incrementa cuando las condiciones ambientales cambian favorablemente para los organismos que fungen como huéspedes o vectores. En realidad la causa primaria de la mayoría de los brotes de fiebres hemorrágicas es la perturbación ecológica resultante de actividades humanas. Así, el incremento de la población mundial ha trastornado ecosistemas que eran estables tan sólo hace unos decenios, facilitando el contacto con animales portadores de virus muy patógenos para el ser humano.

Efectos del progreso médico en la aparición de enfermedades virales

Como se ha mencionado, en el ámbito médico-hospitalario se maneja cotidianamente sangre de pacientes que pueden ser portadores de virus, como el de la hepatitis y el VIH, por lo que han tenido que establecerse rigurosas medidas de control y selección. Del mismo modo hemos caído en la cuenta del riesgo que implica la inyección de extractos hipofisarios o de cualquier tejido humano en la diseminación de enfermedades virales. Los injertos de animales transgénicos, como los de corazón de cerdo o los de médula ósea de babuinos, que hoy por hoy comienzan a ser una realidad, deberían

tomarse con mucha precaución, pues podrían constituir un regalo que algunos virus aprovecharían para invadir al ser humano. 🌐

## Bibliografía

1. Aguilar Setián, A., y A.V. Lara Sagahón. “Vacunas virales del futuro”, *Ciencia y Desarrollo*, 1991, vol. XVII, núm. 99, pp. 17-23.
2. Le Guenno, B. “Emerging Viruses”, *Scientific American*, 1995, 273, núm. 4, pp. 30-37.
3. *Infectious Disease. A Global Health Threat*. Report of the National Science and Technology Council, Committee on International Science, Engineering, and Technology, Working Group on Emerging and Re-emerging Infectious Diseases, Executive Office of the President of The United States. Ed. by Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, September 1995, 55 p.
4. Mann, J. M. “Tarantola DJM., HIV 1998: The Global Picture”, *Scientific American*, 1998, 279, núm. 1, pp. 62-63.
5. *Encefalitis equinas por arbovirus*, Ed. Zarate Aquino, M. L., A. Morilla González, y D. Batalla Campero, editado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura y La Organización Panamericana de la Salud, México, D.F., 1999, 326 p.

*Nota. Las fotografías fueron tomadas en el microscopio electrónico por el doctor J. Alvaro Aguilar Setián, y se contrastaron y colorearon mediante un programa de computadora.*





# Impacto del huracán Mitch en el Caribe mexicano *(octubre de 1998)*

HUMBERTO BAHENA, CONCEPCION CAMPOS, LUIS CARRERA PARRA,  
NORMA EMILIA GONZALEZ, ROBERTO HERRERA, MARTIN MAAS,  
JENNIFER RUIZ Y SERGIO SALAZAR VALLEJO

**M**itch ha sido uno de los huracanes más fatales de la historia, y se estima que se registraron más de nueve mil muertes ligadas con las inundaciones que ocasionó el meteoro. Así, por la baja presión atmosférica (905 mb) y la velocidad máxima de sus vientos ( $> 155$  nudos;  $> 287 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), fue el más intenso desde 1886; se desplazó lentamente menos de 4 nudos ( $7.2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) durante una semana, y después se hizo casi estacionario del 27 al 29 de octubre frente a Honduras. En unos tres días llovió a razón de 1000 mm sobre la propia Honduras y Nicaragua, y las inundaciones y deslaves consecuentes condujeron a la muerte de un número indeter-

minable de personas; además, en su trayectoria, tuvo vientos huracanados durante unos seis días y durante cuatro los vientos fueron de más de  $140 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . El efecto del paso de un huracán sobre las comunidades costeras está bien documentado, pues se considera que a falta de una medida directa puede usarse el inverso de la distancia al ojo o a la ruta del huracán (Woodley, 1992). De este modo el impacto es máximo en una banda de 150 km de ancho, medidos desde el centro del ojo o de la ruta; sin embargo, los efectos a mayor distancia no han sido estudiados, quizá por falta de interés. Aquí documentamos el impacto inesperado a gran distancia del Mitch sobre el sur del Caribe mexicano, dado que entre la tormenta y la zona de estudio mediaron 270 km hasta el ojo o trayectoria.



Majagual norte. Playa mixta, arenosa-rocosa, antes del efecto del Mitch, que se hizo arenosa por la marejada debida al Mitch. (Fotografía de H. Bahena).

### Cambios naturales en la región

Desde hace tres años hemos estudiado dos localidades del sur de Quintana Roo para documentar los cambios naturales y con miras al posible desarrollo turístico de la región. Las localidades son Majagual, ubicada en donde terminaba la carretera que viene de Chetumal, y la otra es Xahuayxol, a unos 25 km al sur de Majagual y más o menos a la mitad del camino entre éste y Xcalak, el otro poblado cercano a la frontera con Belice. En Majagual los sitios son al norte, todo el poblado, y al sur; mientras que en Xahuayxol son Buenavista, norte y sur. Colocamos transectos permanentes de 100 m de largo, perpendiculares a la costa, y tratamos de tener una referencia en tierra para definir su origen. Hemos hecho monitoreo fotográfico y con video

de las condiciones del fondo; además, mediante una cadena graduada y una escala portátil hemos estimado la profundidad del agua en cada sitio, así como el espesor del sedimento en estaciones fijas a 0, 5, 10, 20, 40, 60, 80 y 100 m. También caracterizamos la cobertura del fondo y la altura de la vegetación. Estas actividades nos han brindado un acervo de datos relevantes sobre los cambios estacionales y, además, tuvimos la fortuna de visitar el sitio poco antes del Mitch y regresamos al lugar unas semanas después.

El clima en la región fue ligeramente lluvioso y sin vientos importantes; entre el 26 de octubre y el 4 de noviembre, la lluvia llegó a 0-60 mm (máx. 27) mientras que el viento fue de 2-10 nudos ( $4-19 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) y su dirección cambió del norte (26-29) al este o sureste. A pesar de ello, hubo una marejada con olas de unos nueve metros de alto y el empuje motivó la inundación de los poblados y la destrucción del camino costero. De acuerdo con los residentes de la zona, la marejada intensa duró tres días, pero una semana antes hubo una "recalada" que se intensificó hacia la tarde del sábado 24 de octubre, cuando el meteoro estaba a 950 km del área de estudio. Unos 3 ó 5 días después del paso de la tormenta, la gente pudo volver a sus casas; así, visitamos los sitios los días 10 a 16 de octubre de 1998 y volvimos los días 1 a 4 de diciembre del mismo año. Por las condiciones del camino realizamos el traslado en lancha y pudimos visitar los sitios conocidos, además de otros para observar los daños.

### Descripción del área de estudio

El ambiente costero de la región Majagual-Xcalak tiene un lomo bajo y angosto que separa la playa del manglar o selva baja, y una laguna arrecifal de anchura variable (en adelante sólo se anotará laguna). El lomo costero presenta especies típicas de la vegetación de dunas y palmas de coco; tierra adentro hay manglares y lagunas salobres, y hacia el mar puede haber playas arenosas de pendiente variada, que en algunos sitios es rocosa como en Xcayal y Punta Herradura. La "duna" frontal estaba cubierta de vegetación desde la línea de marea





Cayo Lobos, Chinchorro. Vista al sur desde el faro; antes de la marejada había vegetación de duna, pero la marejada cambió el paisaje. Vista al norte antes de la marejada y cambio en la playa (con restos de coral y conchas). (Fotografía de H. Bahena).

alta y pueden reconocerse varias asociaciones, pero destacan los pastos halotolerantes (*Batis maritima*), las rastreras riñonina (*Ipomea pes-caprae*) y sesuvios (*Sesuvium portulacastrum*), arbustos de varias especies como uva de mar (*Coccoloba uvifera*) y árboles medianos de los anteriores o de ciricote (*Cordia dodecandra*), botoncillo (*Conocarpus erectus*) y mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y negro (*Avicennia germinans*). Desde la playa, en la laguna y en sitios con aporte de agua dulce encontramos pastos marinos chicos (*Halodule wrightii*), o sin aporte importante podemos hallar los pastos mayores en la zona (*Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*). Luego de una banda con pastos muy densos, en los arenales hay corales masivos solitarios, especialmente *Siderastrea* y *Montastraea*, y a unos 100-400 m se localiza la rompiente arrecifal que se interrumpe frecuentemente en los quebrados; más

allá está el talud arrecifal en el que sobresalen los corales blandos y las esponjas erectas por su gran abundancia. Los grupos coralinos de la laguna pueden cambiar su estructura y desarrollo en relación con el aporte de agua dulce, la sedimentación y el movimiento del líquido (Bastida Zavala *et al.*, 2000). El suelo cárstico explica que haya muchos influjos de agua dulce en la laguna y varios manan todo el tiempo. La mayor parte de la arena en la laguna y en la playa se compone de testas de foraminíferos, en especial *Asterigerina carinata*, *Cymbalopora squamosa*, *Truncatulina rosea* y fragmentos del sésil *Hommotrema rubra*. Otros componentes menores son los fragmentos de algas calcáreas, corales y moluscos. Los sedimentos son estabilizados en la laguna arrecifal por los pastos marinos, y en la playa por la vegetación de duna; sin embargo, durante las tormentas suelen moverse hacia la playa



Múltiples plantas marinas (pastos y algas) fueron arrancadas y depositadas en la playa por la marejada y se formó un tapete o acúmulo de 1 m de espesor. (Fotografía de H. Bahena).

o hacia el talud arrecifal. La fracción que deja la laguna con arrecifes puede salir permanentemente si alcanza el manglar o si llega a profundidades de las que no pueda ser resuspendida; en particular, la salida frecuente de sedimentos desde la laguna arrecifal explica en parte el sistema complejo de salientes y valles (*spur and groove*) de los arrecifes de la región.

#### Impacto del huracán Mitch en la zona

Las playas fueron severamente erosionadas y desaparecieron casi por completo los pastos y otras rastreras de la vegetación de la duna costera; el paisaje dejó de ser el de una alfombra verde vista desde el mar y se percibía como una banda blanca; la anchura de la banda de barrido fue de unos 20-30 m en las playas protegidas por el arrecife y de 40-50 m en las expuestas, a lo largo de unos 50 km (Majagual hasta Xcalak). Estimamos que el 20% de las palmas de coco fueron derribadas porque la playa perdió un espesor de arena de unos 30-50 cm, y si supone-

mos un barrido regular a lo largo de las playas de esta región, el desplazamiento de sedimentos pudo ser de  $1.5-3.8 \times 10^5 \text{ m}^3$ . Hacia la laguna, las áreas más erosionadas fueron las más cercanas; unos 5-10 m (prof. < 0.5 m), con la desaparición de los pastos previamente presentes, pero la profundidad del sedimento desplazado en la laguna fue más difícil de estimar, ya que en algunos puntos aparecieron canales paralelos a la costa con distinta profundidad. En los dos sitios cercanos a la barrera arrecifal (Majagual norte y Buenavista) también notamos erosión en el arrecife posterior, mientras que en la banda de pastos marinos no se detectaron cambios mayores pero en los arenales encontramos una depositación de unos 15-25 cm de arena sobre el transecto permanente a lo largo de unos 30-40 m. Los cambios particulares de cada playa fueron como sigue:

En la zona de Majagual norte aumentó la pendiente de la playa hacia los 10 m de distancia, se redujo el acúmulo que había hacia los 40 m de distancia y se profundizó la zona posterior al arrecife. En el pueblo de Majagual tam-

bién cambió la zona más cercana a la marca de bajamar y se formó un canal paralelo al que había previamente (en los 20 m) hacia los 30 m. En Majagual sur, la suave pendiente fue transformada al aumentar mucho la misma y generarse un canal paralelo a la playa. En Buenavista notamos los dos canales paralelos pero entre ellos se acumuló mucha arena, y también cerca de la rompiente hubo erosión. En Xahuayxol norte no cambió mucho la pendiente pero el canal previo se profundizó, pasando de 0.6 m a 1.2 m, y hacia el sur también se perciben los canales paralelos; además, hacia los 40 m notamos mayor profundidad que en el pasado.

El talud arrecifal fue visitado en Majagual en diciembre de 1997, hicimos un censo de banda perpendicular a la rompiente (25 m de largo, 2 m de ancho, 15-25 m de profundidad). Había 107 organismos de esponjas notorias (ca. 2 org./m<sup>2</sup>) y las especies eran *Amphimedon compressa* (33), *Ircinia campana* (24), *Callyspongia vaginalis* (20), *Aplysina lacunosa* (20) y *C. plicifera* (10). También eran muy abundantes los corales blandos, los peces y los erizos pero no se contaron. En una visita posterior (diciembre de 1999) se constató la gran destrucción ocurrida, pues sólo hubo cuatro esponjas en el mismo lugar (0.08 org./m<sup>2</sup>), siendo dos de *C. plicifera*, una de *A. lacunosa* y otra de *C. vaginalis*, además de que las esponjas incrustantes habían proliferado. Por otra parte, todos los corales blandos, erizos y peces desaparecieron casi por completo y sobre los corales pétreos se notó gran desarrollo de macroalgas.

Sobre la playa pudimos notar gran cantidad de pastos, esponjas, corales blandos y rocas coralinas (las macroalgas se desintegran fácilmente) que se acumularon en depresiones en la playa o en los canales cercanos a la costa. Por los datos previos estimamos que los desprendidos representaron el 95% de la fauna erecta sésil no coralina del talud. Algunas esponjas identificables fuera del agua fueron las erectas *Callyspongia vaginalis* en los dos morfos: tubular de hasta 30 cm de largo (6 cm de ancho) y vasiforme de 5-20 cm (diám. 3-12 cm), *Callyspongia plicifera* en forma de vaso de 12 cm (7 cm de ancho), *Niphates digitalis* poco abundante de 15-18 cm (8 cm de an-

cho), y *Agelas conifera* con tubos hasta de 35 cm (cerca de 12 cm de ancho). Entre las esponjas ramificadas, la más abundante fue *Aplysina* sp (hasta 12 cm de largo) pero se fragmenta fácilmente, y entre las masivas había muchas de *Agelas* sp, algunas de 55 cm de largo, pero las observamos en sitios donde suponemos hubo mayor energía (Majagual norte). De la misma manera, en las áreas frente a los quebrados había rocas coralinas de distinto tamaño, varias de más de 1 m<sup>3</sup>, arrojadas a más de 50 m desde la playa. Otras observaciones realizadas en Cayo Lobos, Banco Chinchorro indican que esta transformación del paisaje no se limitó al litoral ya que cambió mucho la extensión de la isla como consecuencia del arrastre de sedimentos.

## Conclusiones

El efecto inesperado a gran distancia de un huracán puede explicarse por dos factores ligados: la intensificación de las corrientes de la frontera occidental y la acumulación del agua. El mar Caribe se vacía por el canal de Yucatán, con lo que el flujo es muy alto (30 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.seg). La intensificación está bien documentada y las corrientes del Golfo así como la del Caribe deben su intensidad a las barreras que limitan el desplazamiento inercial del agua al occidente y que promueven, junto con la circulación del planeta, el fortalecimiento de las corrientes. Así, el agua acumulada por el Mitch fue empujada con violencia hacia la frontera occidental, ocasionando efectos comparables a los que genera el paso de un huracán. El origen de la acumulación puede ubicarse alrededor del mediodía del 24 de octubre, cuando el meteoro llegó a los 14.5° N 77.5° O (a unos 950 km de la zona de estudio) lo que implicaría una marejada anómala (sin vientos fuertes) en la zona, apenas unas horas más tarde. Si esto pudiera generalizarse, tendríamos un mecanismo temprano para prevenir las marejadas en la costa oriental de la península de Yucatán con suficiente antelación.

El impacto del viento sostenido puede ocasionar otro resultado en la generación de corrientes, y aunque en la superficie se esperaría un flujo en la dirección de los vientos principales y en el fondo un flujo contrario, puede lle-





Camino y costa a unos cinco km al norte de Xahuayxol. Se aprecia el daño causado por erosión y el acúmulo de organismos. Corales blandos (ramas pardas) y esponjas, la más abundante es *Agelas* sp. *A. conifera* (tubos gruesos) y *C. plicifera* (centro de la foto). (Fotografía de H. Bahena).

gar a presentarse una corriente en la superficie contraria a la dirección del viento, especialmente en etapas tardías del paso del meteoro. Además, puede haber un componente de mayor intensidad hacia el este, como ocurrió por el paso de Andrew en la costa de la Florida (McLeish *et al.*, 1997). Quizá por la atenuación de los pastizales y la posible protección en profundidades moderadas (> 1 m) hubo menor impacto entre los corales solitarios que viven en la laguna. Montague *et al.* (1995) también notaron estabilidad en la población del erizo viejito (*Lytechinus variegatus*) luego del paso del huracán Andrew en la Florida.

Aunque el efecto erosivo fue heterogéneo, la intensidad resultó notoria. El agua acumulada sobre la playa se movió a lo largo del litoral y erosionó el fondo en distinta magnitud; dicho efecto se percibe particularmente en los sitios más cercanos a la rompiente arrecifal o en aquellos ubicados frente a los quebrados. Puede esperarse una recuperación de los pastizales a mediano plazo (3 a 5 años), pero las esponjas y los corales no alcanzarán su tamaño previo sino a largo plazo (+ 10 años). Además, las piedras coralinas de alrededor de 1 m de diámetro no podrán recuperarse sino a muy largo plazo (+ 100 años); por ello, podemos considerar que el impacto del Mitch fue catastrófico, como si hubiera atravesado por toda la región, e inesperado por la distancia del centro de la tormenta.

La violenta transformación del paisaje costero por estos efectos inesperados debe hacernos reflexionar sobre la fragilidad de la zona costera y sobre la necesidad de mejorar nuestras prevenciones para desarrollar infraestructura adecuada en la región. En realidad, las comunidades arrecifales han evolucionado en un escenario de alta tensión ambiental, que se hizo más intensa durante el pleistoceno, pero nuestra influencia los está perjudicando de manera global (Johnson *et al.*, 1995) y debemos atenuar nuestra intervención. ●

## Reconocimientos

Esta nota es resultado parcial del proyecto Bentos costero del sur del Caribe mexicano: Línea de base para estudios a largo plazo (Conacyt 4120P-N9607) para el cual Ecosur otorgó fondos complementarios. Los datos del clima fueron proporcionados por el Cap. Seg. Luis A. Acosta Aragón FAAEGTA y por el Ten. Cor. F.A. Meteoról. Carlos Barraza Murillo, Estación de Escucha y Difusión de Tiempo Severo de Chetumal. Un revisor anónimo ayudó a mejorar la claridad del trabajo.



## Referencias

- Bastida Zavala, J.R.; A.U. Beltrán Torres; M.A. Gutiérrez Aguirre, y G. de la Fuente Betancourt. "Evaluación rápida de los arrecifes parche de Majagual, Quintana Roo", México, 2000, *Revista de Biología Tropical*, 48:00-00.
- Johnson, K.G., A.F. Budd, and T.A. Stemann. "Extinction Selectivity and Ecology of Neogene Caribbean Reef Corals", *Paleobiology* 21, 1995, pp. 52-73.
- McLeish, W., D.V. Hansen, and J.R. Proni. "Coastal Currents Induced by Hurricane Andrew", *Fla. Sci.* 60, 1997, pp. 254-264.
- Montague, J.R.; J.L. Carballo; W.P. Lamas; J.A. Sánchez; E.R. Levine; M. Chacken and J.A. Aguinaga. "Population Ecology of the Sea Urchin *Lytechinus variegatus* in Relation to Seagrass Diversity at Two Sites in Biscayne Bay: Pre- and Post-hurricane Andrew (1989-1992)", *Fla. Sci.* 58, 1995, pp. 234-246.
- Woodley, J.D. "The Incidence of Hurricanes on the North Coast of Jamaica since 1870: Are the Classic Reef Descriptions Atypical?", *Hydro-biologia* 247, 1992, pp. 133-138.

## Bibliografía

- Camarena-Luhrs, T., y S.I. Salazar Vallejo (eds.) *Estudios ecológicos preliminares de la zona sur de Quintana Roo*, Chetumal, 1991, CIQRO, 231 p.
- Chávez Salgado, G. *Elementos de oceanografía*, México, 1975, CECSA, 256 p.
- Chiappone, M., and K.M. Sullivan. "Patterns of Coral Abundance Defining Nearshore Hardbottom Communities of the Florida Keys", *Fla. Sci.* 57, 1994, pp. 108-125.
- Guiney, J.L., and M.B. Lawrence. *Preliminary Report: Hurricane Mitch (22 October - 05 November 1998)*, National Hurricane Center, Miami, 1999, ([www.nhc.noaa.gov/1998mitch.html](http://www.nhc.noaa.gov/1998mitch.html); las rutas de los huracanes pueden revisarse en [-tracks/1998atl.gif](#))
- Salazar Vallejo, S.I. "Impacto de los huracanes en las comunidades costeras", en *Bentos Costero del sur del Caribe mexicano: Línea de base para estudios a largo plazo. Informe final*, 2000, Conacyt (4120P-N9607).

---

# El avasallador avance científico de la posguerra

MIREIA ARTIS Y ALICIA LARA

QUIZÁS EL ATRACTIVO PRINCIPAL DEL ESTUDIO DE LOS ÚLTIMOS CINCUENTA AÑOS es que, aun cuando en mayor o menor grado según la edad que tengamos, dicho periodo coincide con nuestras vidas. Formamos parte de este siglo que a su vez es parte de nosotros. En estos, sus últimos años, el siglo XX presenta un futuro inquietante que depende de todos. Depende de todos nosotros porque un acelerado proceso de mundialización ha reducido las dimensiones del planeta, y lo que pasa en el lugar más alejado afecta cuanto ocurre a nuestro alrededor. La circunstancia es resultado de la acelerada aplicación del conocimiento científico a partir de la segunda Guerra Mundial. Gracias a los avances científicos, cada vez estamos más cerca de nuestro prójimo, aunque viva en los países más lejanos, y nuestro prójimo cada vez está más cerca de nosotros. Desde el punto de vista económico, el mundo se ha vuelto, en estos últimos cinco decenios, una única unidad operativa. Desde el punto de vista cultural, el incremento repentino del empleo de las autopistas de la información por la sociedad civil, a través de las cuales los ciudadanos se comunican instantáneamente con uno o varios interlocutores del otro extremo del mundo y, por otra parte, el éxito de las giras internacionales de artistas de todas las tendencias y nacionalidades son hechos suficientemente significativos que revelan la mundialización de la cultura.





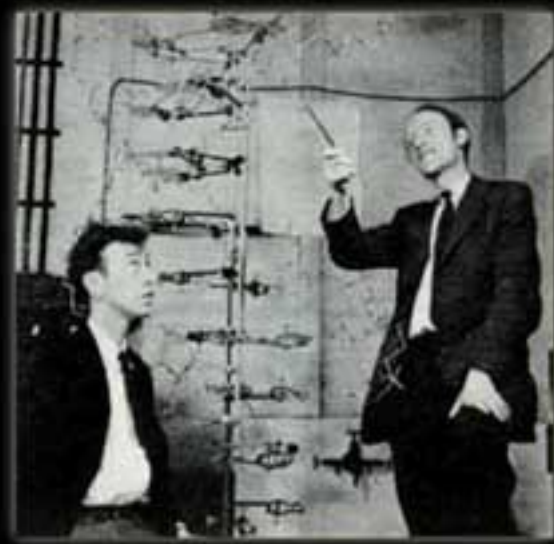
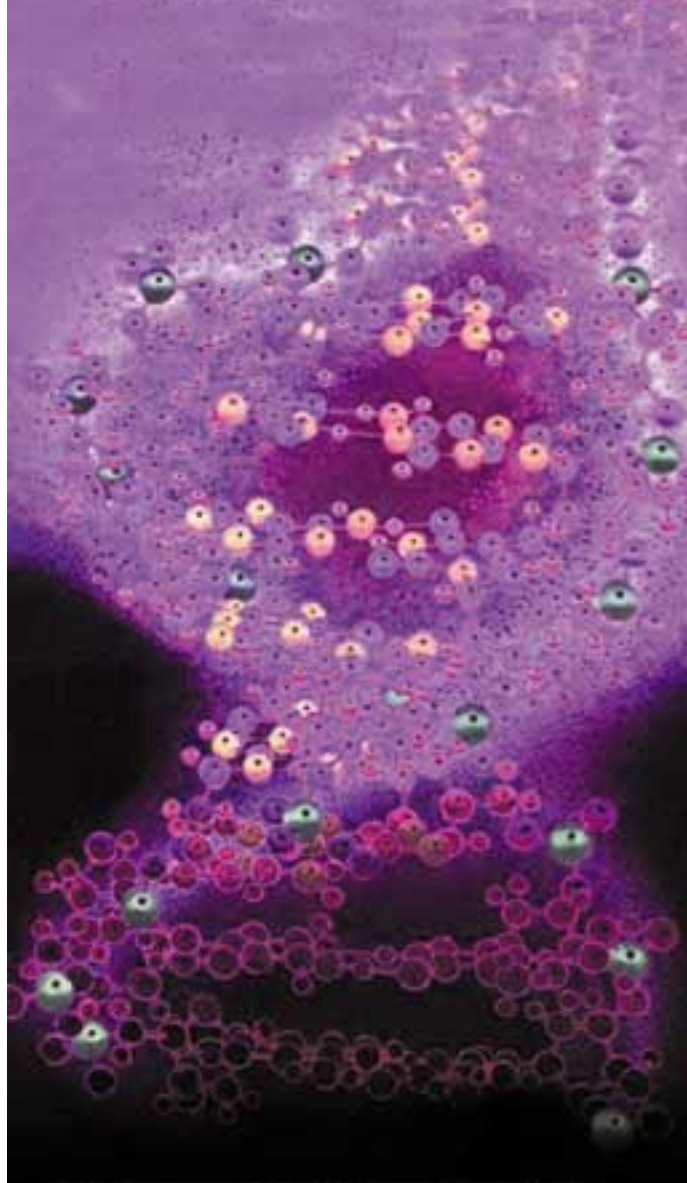
Dar un repaso al acelerado progreso científico característico de los últimos cinco decenios quizá nos permita ser un poco más conscientes de que las aplicaciones de la ciencia han penetrado, por primera vez en la historia, en todos los ámbitos de la vida humana: el político, el social, el económico, el cultural, el familiar. En este artículo queremos señalar algunos de los factores políticos y económicos que impulsaron el apoyo a la investigación en los 25 años que siguieron a la segunda Guerra Mundial. Mencionamos, además, varios de los logros más espectaculares de las aplicaciones de esa investigación durante ese tercer cuarto del siglo XX. En un artículo posterior hablaremos de lo que pasó después, de los años setenta para acá.

Es nuestra esperanza que esta síntesis sobre uno de los aspectos del pasado reciente –el desarrollo de la ciencia y su aplicaciones– faciliten una reflexión crítica sobre el presente cambiante e incierto que nos ha tocado vivir.

#### Las aplicaciones de los descubrimientos científicos después de la segunda Guerra Mundial

**H**asta el siglo pasado, la ciencia era considerada, a menudo, como una actividad de lujo, una especie de necesidad intelectual y romántica que no tenía por qué realizarse con el afán de obtener de ella resultados prácticos. Aun cuando se pueden citar bastantes excepciones, en general, un descubrimiento o una teoría de carácter científico tardaban muchos años en encontrar aplicación. Al empezar el siglo XX, poco a poco, la situación empezó a cambiar. De entonces a la fecha, el desfase entre tales teorías o descubrimientos científicos y su aplicación se ha vuelto cada vez más pequeño; si antes tenían que pasar decenios para que los resultados de la ciencia llegaran a ser de uso público, hoy, en cambio, tardan unos cuantos meses. Este proceso ha provocado, también, que la distancia entre la ciencia, su aplicación y el desarrollo económico se haya reducido hasta llegar casi a desaparecer.

Así, por primera vez en la historia, la aplicación del conocimiento científico ha penetrado en todos los ámbi-



*James Watson (n. 1916) y Francis Crick (n. 1928), al lado de la maqueta del modelo que propusieron para la estructura del ADN.*



tos de la vida humana. La gente se da cuenta, de repente, de que la ciencia interviene en todas las cuestiones relacionadas con su supervivencia, desde las más generales –como las guerras– hasta las más íntimas –como el proceso de procreación. En este sentido, nuestro quehacer cotidiano es radicalmente diferente al de hace cincuenta años.

Medio siglo atrás muy poca gente poseía refrigerador y nadie tenía radio portátil, ni computadora, ni horno de microondas, ni fotocopiadoras, ni fax, ni correo electrónico. No podíamos saber el sexo de nuestros hijos antes de que nacieran, y tampoco era posible predecir cuánto tiempo tardaría un futbolista en curarse de una luxación o qué clima haría al día siguiente. Y si bien es cierto que algunos, muy pocos, privilegiados de los países desarrollados ya gozaban de la comodidad de tener lavadora desde los años veinte, o televisor desde los años treinta (la primera emisora de televisión fue inaugurada en Nueva York en 1931, y en Europa se inició la primera en Londres en el año 1936 y en París en 1937), la gran mayoría de la humanidad supo qué era un televisor o una lavadora en los años cincuenta. Hoy, televisión y lavadora existen en casi todos los hogares de los países desarrollados y en muchísimos del Tercer Mundo.

Pero no solamente nuestra vida diaria sino también los acontecimientos políticos se han ido empapando de ciencia. Fueron los radios portátiles, entonces acabados de salir al mercado, los que permitieron que, en 1961, los soldados del presidente De Gaulle oyeran sus discursos y fueran movilizados contra el golpe de Estado que se estaba preparando. Y fueron los casetes y la facilidad de reproducirlos lo que permitió que los discursos del ayatola Jomeini, el futuro dirigente de la revolución iraní en el exilio, fuesen copiados y difundidos al interior del Irán. Y de ejemplos así, pero de actualidad, los periódicos están llenos. El punto de partida de esta acelerada introducción de la ciencia en todos los ámbitos de nuestra vida fue la segunda Guerra Mundial.

Los acontecimientos de la segunda Guerra Mundial revelaron la importancia del conocimiento no solamente técnico sino también científico en los conflictos bélicos.

Si las conmociones bélicas habían estimulado, a lo largo de la historia, el progreso tecnológico, la guerra que terminó en 1945 impulsó la investigación científica de la posguerra. El soporte económico a la ciencia, después de 1945, dio frutos en seguida, y los resultados se iban aplicando, cada vez más rápido, a la producción de bienes. En forma paralela, la recuperación económica de los años cincuenta provocó que los salarios aumentaran más que los precios. Nacieron entonces dos fenómenos que nos son hoy muy familiares, pero que en aquel entonces no se conocían: el consumismo y el aumento del tiempo libre. Una de las consecuencias de estas dos novedades fue la competencia entre empresas rivales para ganar el mercado que crecía con rapidez. De esta manera, las innovaciones tecnológicas (que ahora eran el resultado de la aplicación de la ciencia) empezaron a invadirlo todo: el arte, la política, las tradiciones culturales, la vida cotidiana. La revolución científico-tecnológica de los últimos cincuenta años ha tenido y tiene consecuencias políticas y culturales.

#### Los años cuarenta y cincuenta

La Constitución francesa de 1946 decía, desde la primera frase, que la victoria se había ganado no sobre las naciones, los pueblos o los Estados, sino “sobre los regímenes que han intentado subyugar y degradar a la persona humana”. Pero la victoria había sido posible gracias a la bomba atómica, un objeto que demostró la capacidad de algunas actividades humanas, como la investigación científica, para producir efectos sobrehumanos. Es trágico y contradictorio pero “la guerra atómica resultó ser hija del antifascismo”. Un descubrimiento de los más fundamentales, la desintegración del átomo, que libera grandes cantidades de energía, se aplicó, en primera instancia, a las posibilidades destructivas de la tecnología militar. Y la bomba atómica fue el mejor ejemplo de que el tiempo entre un descubrimiento científico y su aplicación podía volverse muy corto.

La fisión nuclear se descubrió en el año de 1938 y la mayoría de los físicos dudaban que pudiera tener alguna





Guitarra eléctrica Fender, 1956.

aplicación. Fueron muy pocos los especialistas que lo comprendieron y nadie se habría enterado –quizá la bomba atómica no se habría construido– si ellos mismos no lo hubiesen comunicado a los políticos. Apenas siete años más tarde se realizaba la primera prueba experimental de lanzamiento de una bomba nuclear en una zona desértica de los Estados Unidos, algunos días antes de soltarla sobre Hiroshima. Ilustremos el fenómeno de rápida aplicación de los descubrimientos científicos con dos ejemplos más. El trabajo que es la base de la moderna teoría informática fue editado en 1935 como un estudio puramente especulativo de lógica matemática. Parece ser que nadie imaginaba que aquella especulación pudiera tener alguna aplicación. Sin embargo, muy pocos años después, durante la guerra, los planteamientos del texto se utilizaron para descifrar códigos. Por otra parte, el estudio de “las propiedades electromagnéticas de cristales ligeramente imperfectos” (un programa de investigación básica dentro de la teoría física de los sólidos) dio nacimiento al transistor en 1948. En los años cincuenta los radios de transistores ya podían comprarse en las tiendas.

La lección fue profunda para los políticos, pero también para muchos científicos, aquellos que comprendieron que la ciencia y la tecnología se habían convertido en palancas de la supremacía de las dos superpotencias surgidas de la guerra, los Estados Unidos y la entonces Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas. Los gobiernos aprendieron que dedicar grandes recursos a la investigación era esencial para el futuro. Las ramas de la ciencia que se desarrollaron con mayor empuje fueron la energía atómica y la microelectrónica, y más tarde la computación, el láser y la biología molecular. Así, la ciencia, que desde Galileo (1564-1642) muchos habían considerado como la posibilidad de liberación de los seres humanos, se convirtió en una de las armas de la guerra fría y en factor de diferenciación entre países ricos y países pobres. Las atrocidades de la primera y de la segunda guerras mundiales borraron la ilusión que se tenía, hasta finales del siglo pasado y principios de éste, de que la ciencia resolvería los problemas de la humanidad.

Por otra parte, a partir de la posguerra, la humanidad

empezó a reproducirse a un ritmo nunca visto. Simultáneamente al inicio del aumento acelerado de la población y a la fiebre de actividad científica, el crecimiento de la economía mundial a partir de 1950 provocó un aumento de los salarios por encima del incremento de los precios (justamente lo contrario de lo que pasa hoy!) La condición de los trabajadores se transformó de manera profunda. Mucha más gente podía tener electrodomésticos, refrigerador, radio de transistores, coche, comida suficiente, irse de vacaciones y acceder a la cultura. Y todos estos elementos de consumo, o bien comportaban la aplicación de conocimientos científicos o bien, poco a poco, se iban impregnando de ciencia. Ya mencionamos que durante la década de los cincuenta salieron al mercado los televisores que, aun cuando ahora no impresionan a nadie, en ese entonces eran unas ventanitas mágicas que entusiasmaban a cualquiera.

El día de la inauguración de la televisión mexicana (31 de agosto de 1950) los periódicos anunciaban el acontecimiento con textos como los siguientes:

“...En la historia del hogar mexicano empieza en este día una nueva era...” “Sus hijos gozarán sin peligro alguno de espectáculos planeados para ellos...” “Las noticias que conmueven al mundo llegarán a usted con una realidad jamás soñada antes...” “Los más famosos astros del deporte jugarán sólo para usted y los suyos...” “Rutilantes estrellas del cine y del teatro actuarán en su propia sala.” “Visite los lugares lejanos a través del espejo mágico de la televisión.”

En forma paralela a esta invasión pública de nueva tecnología, los científicos trabajaban con ahínco. Los físicos descubrían, en 1946, una técnica que tendría aplicaciones en el diagnóstico de múltiples enfermedades, la resonancia magnética nuclear (RMN). Y en 1958 formulaban la teoría de un instrumento capaz de amplificar la radiación luminosa, en tanto que, dos años más tarde, en 1960, conseguían a partir de estos conceptos la primera emisión de rayo láser mediante una barra de rubí.

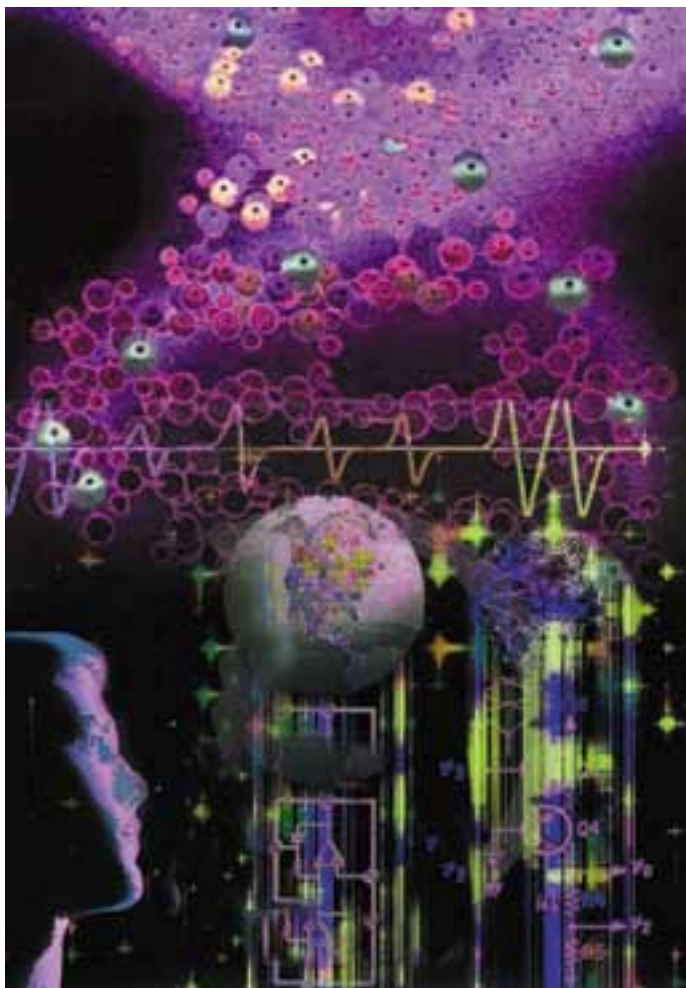
Las voluminosas computadoras de entonces se em-

plearon para tratar de comprender cómo funciona nuestro cerebro. Este intento ya lo estaba haciendo una ciencia llamada cibernética, cuyo origen fue una estrecha colaboración entre un fisiólogo mexicano, el doctor Arturo Rosenblueth, y el matemático norteamericano Norbert Wiener. Los resultados de ambos intentos se discutieron en una reunión celebrada en 1956, la conferencia de Dartmouth, en donde se aceptó que las computadoras habían provocado un cambio de enfoque en los estudios de los procesos cognitivos humanos. Se adoptó entonces la expresión “inteligencia artificial” para indicar este cambio de enfoque. Dicha transformación tendría consecuencias profundas y es uno de los orígenes de la reciente revolución tecnológica de la información.

En los años cincuenta también la biología dio un paso gigantesco. La conjunción de inquietudes de biólogos y físicos llevó al estudio, mediante técnicas que empleaban los rayos X, de la molécula que forma parte de los cromosomas y que es la responsable de la transmisión de los caracteres hereditarios, el ADN (ácido desoxirribonucleico). Los resultados de estos estudios dieron la idea a dos jóvenes investigadores, James Watson y Francis Crick, de formular un modelo de doble hélice para la estructura de la molécula de ADN, y publicaron el primer artículo sobre el tema en 1953. Era un pequeño trabajo de dos páginas, que iba a revolucionar la biología y las disciplinas afines.

En la misma época empezaba a aplicarse, para el estudio de los seres vivos, una técnica –la microscopía electrónica– que cambiaría incluso la clásica división de los organismos en vegetales y animales. En efecto, el microscopio electrónico permitió examinar la estructura de la célula con un grado de resolución muy superior al del microscopio óptico. Fue entonces cuando se propuso dividir a los seres vivos en dos grandes categorías: los organismos eucariotes, cuyas células tienen núcleo, y los organismos procariotes, con células que carecen de núcleo.

Hacia esos años se llevó a cabo también una proeza técnica. En 1954, el Nautilus, un submarino atómico americano con finalidades de investigación científica, atravesó el Polo Norte por debajo de los hielos polares. Tres años más tarde, en 1957, se decidió consolidar las investiga-



ciones sobre las ciencias de la Tierra y se celebró el Año Geofísico Internacional. Se trataba de establecer una colaboración de carácter mundial, que permitiera un estudio sistemático de nuestro planeta y del espacio que lo rodea, y que duró del primero de julio de 1957 al 31 de diciembre de 1959. En él participaron 70 naciones y 30 mil científicos y observadores distribuidos por todo el mundo.

Y fue precisamente durante la celebración del Año Geofísico Internacional cuando la humanidad logró uno de los éxitos más espectaculares de la historia, el de vencer la fuerza de gravedad. En efecto, el primer satélite artificial, el Sputnik I (*sputnik* en ruso significa compañero de viaje), se puso en órbita el 4 de octubre de 1957. Un mes más tarde se lanzó el Sputnik II, que llevaba como primer cosmonauta a una perrita llamada Laika, gracias a quien se pudieron hacer estudios sobre el funcionamiento fisiológico en esas particulares condiciones.

En cuanto a las expresiones artísticas, de la misma

manera que lo había hecho la ciencia, el centro del arte se desplazó de Europa hacia Norteamérica. El núcleo de la vanguardia ya no era París sino Nueva York, en donde el arte se volvió todavía más elitista. Simultáneamente, sin embargo, las masas mostraban que expresar los sentimientos no resultaba ya privilegio de unos cuantos. Era la época del espectacular triunfo de una expresión musical de los adolescentes: el *rock and roll*, fusión del *blues* urbano de los guetos negros y de elementos extraídos del folclor blanco norteamericano. El *rock and roll* puso de moda una nueva aplicación de los conocimientos científicos, la guitarra eléctrica.

Los años sesenta

**E**n la década de los sesenta surgieron movimientos revolucionarios multiideológicos e interclasistas, tales como la primavera de Praga, los movimientos estudiantiles en Francia o en México. Son los años del *flowers power*, el movimiento negro, el reimpulso del feminismo, la defensa del amor libre y de las drogas. Y son también, curiosamente, los años en que salieron a la venta las píldoras anticonceptivas y los tranquilizantes como el valium. Dos de las innumerables frases escritas en las paredes de París durante el mes de mayo de 1968: *L'Imagination au pouvoir* (La imaginación al poder); *Interdit d'interdire* (Prohibido prohibir).

Pero los sesenta son también los años del nacimiento de la primera bomba de cobalto (1961), un aparato que permite curar tumores mediante radiaciones; los años del primer trasplante de corazón de un chimpancé a un ser humano, realizado en Sudáfrica en 1964, y del primer trasplante de páncreas en 1966. Aprovechando los avances de la electrónica y del procesamiento matemático de datos se hicieron entonces las primeras investigaciones para la construcción de imágenes a partir de proyecciones radiológicas y, en 1967, se puso a punto el primer sistema de tomografía computarizada (escáner). En 1966 se introdujo, por primera vez, en las arterias coronarias de un individuo, un tubo largo y delgado (llamado catéter) que permitía observar los vasos sanguíneos por dentro.



Desde entonces, la técnica se ha convertido en la prueba diagnóstica más exacta para los pacientes con enfermedades del corazón.

La química y la biología se dieron la mano en esos años, para averiguar la estructura de las macromoléculas biológicas. Así se determinó la secuencia de los aminoácidos de la insulina, por ejemplo, o se descubrió cómo el ADN regula la producción de sustancias dentro de las células (teoría del operón de Jacob y Monod) y se descifró el código que contiene la información genética en el ADN. Este rápido desarrollo de la biología molecular dio origen a una nueva disciplina pariente suya, la ingeniería genética.

En los años sesenta, las ciencias de la Tierra deciden explorar el fondo del mar y establecen una proposición revolucionaria: la teoría de la tectónica de placas, que permite explicar fenómenos muy amplios a partir de postulados muy simples. Todas las investigaciones actuales sobre los continentes y los océanos, la investigación sísmológica, la observación geodésica mediante satélites, la predicción de catástrofes naturales, tienen como punto de partida esta teoría.

En cuanto al arte, quizá lo más notable de los años sesenta sea la invasión de la arquitectura moderna que, aprovechando un sinfín de nuevos materiales surgidos de los recientes conocimientos científicos sobre moléculas y macromoléculas, creó impresionantes edificios por todo el mundo, como por ejemplo el Museo Nacional de Antropología en la ciudad de México, ideado por el arquitecto mexicano Pedro Ramírez Vázquez. Ya en los años cincuenta la arquitectura moderna había impresionado a la comunidad internacional con la proyección de ciudades enteras como Chandigarh en la India –proyectada entre 1950 y 1952 por Le Corbusier, y cuyos primeros edificios se inauguraron en 1953– o Brasilia, capital de Brasil –cuya arquitectura fue ideada por Oscar Niemeyer. Brasilia se inauguró en 1960.

Los años sesenta fueron también los de las telecomunicaciones mediante satélites artificiales, lanzados precisamente con ese objetivo y que permitieron a millones de personas presenciar otra proeza de la segunda mitad del siglo XX: la llegada del hombre a la Luna. La impor-

tancia de este acontecimiento, efectuado el 20 de junio de 1969, podría hacer pensar que pasarían muchos años sin que sucediera algo de esa magnitud. Sin embargo, los primeros años setenta marcarían el inicio de una nueva era, la de la microinformática.

Lo que ha pasado a partir de entonces, desde la fabricación del primer *chip*, hasta este preludio del siglo XXI, será tema de un próximo artículo. 🌀

### Bibliografía recomendada

- Araceli, R., y Segura, A. *El mundo actual*, Barcelona, 1995, Pressas Universitarias.
- Batalla, G. *La evolución de la tecnología*, Barcelona, 1991, Editorial Crítica.
- Carson, R. *Silent spring*, 1991, Penguin Books, 317 p.
- Fernández, A. *Historia del mundo contemporáneo*, Barcelona, 1989, Vicent Vives, 465 p.
- Giedion, S. *La mecanización toma el mando*, Barcelona, 1978, Gustavo Gili.
- Hawkings, S. W. *Historia del tiempo. Del "big bang" a los agujeros negros*, Barcelona, 1988, Crítica.
- Hobsbawm, E. *Historia del Siglo XX, 1914-1991*, Barcelona, 1995, Crítica.
- Rose, S. et al. *Historia y relaciones sociales de la genética*, Barcelona, 1983, Fontalba.
- Sagan, Carl. *La conexión cósmica*, Barcelona, 1985, Orbis, 194 p.
- Taton, R. (Dir.) *Historia general de las ciencias. La ciencia contemporánea: los últimos veinticinco años, 1963-1988*, Barcelona, 1988, Orbis.
- Watson, J. *La doble hélice*, Barcelona, 1978, Plaza y Janés.

### Película sugerida

- 2001 *Odisea del espacio*, 1969, director: Stanley Kubrick.



*Los sistemas anquihalinos se vinculan estrechamente con la selva a través de los cenotes. Temple of Doom es un ejemplo de un cenote generado mediante disolución por la haloclina.*



# Sistemas anquihalinos en México

FERNANDO ALVAREZ, ELVA ESCOBAR BRIONES Y JAVIER ALCOGER

**L**A COSTA ESTE DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, EN EL ESTADO DE Quintana Roo, está bordeada por una barrera arrecifal de cerca de 300 km. Los arrecifes son estructuras calcáreas con una cubierta de tejido vivo, que generan inmensa cantidad de espacios y microambientes, colonizados por gran diversidad de organismos. Su importancia radica en su alta productividad, que se refleja en los ecosistemas circundantes y en la forma como modifican el relieve de la costa al erigirse en grandes masas calcáreas. Así, a través del tiempo, con las transgresiones y regresiones del nivel del mar, los arrecifes coralinos acaban formando parte de las regiones emergentes de los continentes, y de esta manera zonas que en otras eras fueron arrecifes vivos, ahora están en tierra firme, sujetos a la acción de la lluvia por una parte y del agua marina por otra.





*Interior de un sistema anquihalino en el que se aprecian las estructuras características de una cueva, ahora inundada, que estuvo expuesta al ambiente aéreo en otra época geológica.*

A partir de estas condiciones físicoquímicas e historia geológica, un particular rasgo costero que se da sólo en algunos lugares del mundo es el laberinto de cuevas sumergidas, denominado sistemas anquihalinos, presentes en la costa de Quintana Roo en el Caribe mexicano, como una transición entre el mar y el ambiente dulceacuícola. Estas zonas de transición o ecotonos funcionan como filtros biológicos naturales y sistemas de amortiguamiento a lo largo del ecosistema que se inicia en el mar y se introduce al continente bajo la costra de carbonato de calcio, y en ellas ocurre un cambio rápido en la cantidad de luz y la proporción de agua dulce.

El término anquihalino hace referencia a una zona de encuentro e interacción de las aguas epicontinentales dulces y las marinas saladas. Sin embargo, este encuentro se lleva a cabo bajo la tierra, esto es, en cuevas o galerías sumergidas a lo largo de la península de Yucatán, que podrían ser consideradas como verdaderos ríos subterráneos. Es común que el único tipo de comunicación con la superficie expuesto a la luz del sol sea a través de pequeños orificios conocidos desde la antigüedad por los mayas bajo la denominación de cenotes.

#### La compleja dinámica de las aguas

**A** lo largo de cientos de kilómetros de galerías sumergidas se presenta una “lucha” entre el agua dulce del continente que se dirige hacia el mar, impulsada por la gravedad, y el agua marina que asciende a través de los mismos conductos, tierra arriba, impulsada por las mareas y los fuertes vientos de tormenta. A causa de su densidad, el agua dulce continental es más ligera que la salada marina, y por ello la primera se desplaza por encima de la segunda, a manera de una lente, haciendo que el río subterráneo fluya en su porción superior hacia el mar y en la inferior hacia el interior del continente. La lente de agua dulce actúa como un acuífero distinto y sostiene comunidades diversas y únicas; es asimismo la fuente primaria de abastecimiento de agua potable para las poblaciones locales, con un potencial de acumulo de residuos de los efluentes industrial y doméstico.

Es interesante el hecho de que la mayoría de la gente desconoce que el agua marina pueda penetrar tan adentro del continente de forma tal que, si excaváramos un pozo en la ciudad de Mérida, a varias decenas de metros por debajo de la superficie encontraríamos agua marina. El resultado de esta interacción de las dos masas de agua es la creación de un sistema dinámico, en el cual el grosor de la porción dulceacuícola y marina varían a lo largo del conjunto de canales, del día y de la época del año. En temporada de sequía, junto a la menor precipitación pluvial se da mayor extracción de agua de los pozos para satisfacer la demanda de agua dulce de las poblaciones, por ello el grosor del lente de agua dulce disminuye aumentando el de la marina. Sin embargo, en época de lluvias o de tormentas, una gran cantidad de agua dulce se percola a través del suelo haciendo retroceder la masa de agua marina.

Entre el agua dulce y el agua marina se puede reconocer una capa en donde la salinidad cambia rápidamente con la profundidad, y en esta interfase que se denomina haloclina puede llegar a ser tan marcado el cambio que prácticamente no se presenta una mezcla entre ambas capas de agua. Como analogía podemos imaginar una capa de aceite que flota sobre otra de agua; en este caso, el aceite sería el agua dulce del continente y la otra correspondería al agua marina, en tanto que la capa divisoria entre ambas sería la haloclina. Por medio de complejos mecanismos físicos y químicos, la haloclina disuelve la roca caliza que es la gran matriz que conforma las cuevas, ensanchando y alargando los ductos del sistema anquihalino. Como se mencionó anteriormente, la mayor parte de la península de Yucatán está formada por roca caliza proveniente de antiguos arrecifes coralinos, y esto es relevante en el estudio del origen de la fauna que habita en los sistemas anquihalinos.

#### Origen y diversidad de la fauna anquihalina

**L**a regresión marina o la elevación del continente han dado como resultado, por una parte, que en las zonas costeras de Quintana Roo penetre el agua dulce hacia el subsuelo por los espacios intersticiales

y creviculares y, por otra, que hayan quedado masas de agua marina atrapadas en los sistemas de galerías. Así es como se concibe la formación del sistema Nohoch Nah Chich, que es hasta ahora el mayor en el mundo de este tipo, con más de 60 km de galerías exploradas y un número todavía incalculable de nuevas galerías por explorar.

Por la naturaleza crevicular de la roca, los sistemas anquihalinos están constituidos por gran diversidad de microhabitat que contienen un importante reservorio de diversidad biológica, ignorado casi en su totalidad en los inventarios, cálculos y proyecciones de la biodiversidad nacional en todos los niveles. A la fecha, en los ambientes anquihalinos de Quintana Roo se han registrado 43 especies, principalmente de crustáceos y peces, todas ellas endémicas de estas galerías sumergidas. Habiendo sido exploradas muy recientemente (1992 a 1997), de la biología de estas especies no se conoce prácticamente nada; se desconocen los factores que han intervenido en la invasión y diversificación de esta fauna y de sus interacciones ecológicas.

La estabilidad de condiciones dentro de las cuevas anquihalinas, en combinación con el aislamiento, crea habitat únicos en los que se han conservado formas relictas de varios grupos de organismos durante millones de años. Los hallazgos sobre la fauna anquihalina en los últimos decenios han sido espectaculares, registrándose especies que representan grandes grupos y nuevos niveles de organización, antes totalmente desconocidos. Las afinidades de la fauna anquihalina son difíciles de establecer, pues la distribución de ecosistemas semejantes en el mundo es totalmente discontinua y es sólo comparable a la del mar profundo. La fauna de los sistemas anquihalinos de Quintana Roo es similar a la de ciertas islas oceánicas como las Galápagos, las Canarias, las Bahamas y Bermuda.

Las adaptaciones de la fauna y las fuentes energéticas

**E**l ambiente de las cuevas anquihalinas asemeja el del mar profundo en la falta de luz, la estabilidad de las condiciones y la reducida concentra-

ción de materia orgánica o alimento. Diversos autores han sugerido que el mar profundo desempeña un papel relevante en los mecanismos de dispersión de fauna de cuevas marinas. Si la fauna anquihalina se desprende de la del mar profundo, entonces ha estado preadaptada a estas condiciones particulares.

Se puede considerar un escenario en el que, durante los grandes cambios del nivel del mar, cuando éste descendía, algunos componentes de la fauna profunda pudieron haber quedado atrapados en cuevas subsuperficiales, en donde sobrevivieron y se especiaron diferenciándose del *stock* puramente marino. Esta fauna relictas, como consecuencia de compartir posiblemente el mismo origen, está emparentada en todos los distintos puntos del planeta en donde se presentan estos ambientes. Una vez establecida la fauna se generó un nuevo proceso de producción de materia orgánica independiente de la luz como fuente de energía, distinto de la fotosíntesis pues no hay penetración de luz, y sólo en algunos de estos sistemas se ha reconocido la quimiosíntesis como una fuente energética alternativa. La carencia de luz conlleva a que las tramas alimenticias de los sistemas anquihalinos dependen de la importación de materia orgánica proveniente de los cenotes, el mar y la selva (por percolación), generando un flujo de energía enteramente sostenido por organismos heterótrofos.

En este sentido, la producción biológica es dependiente del transporte de recursos de otros sistemas de la superficie. Los materiales que provienen del acarreo ocasionado por mareas, cenotes y otras aperturas incluyen materia orgánica comúnmente en forma particulada y de detritus. La cantidad depende de las condiciones que existen en la superficie, es decir, el potencial de percolación al ambiente anquihalino procedente del suelo de la selva, y la dinámica de las masas de agua o durante las crecidas del flujo por lluvia.

El alimento básico en el sistema anquihalino es, en resumen, la materia orgánica de fuentes externas, exportada de otros ambientes y de composición compleja. La tasa de renovación de este alimento resulta alta y la llevan a cabo los niveles tróficos primarios. La producción





*Entre los descubrimientos más importantes dentro de la fauna anquilhalina se encuentra este crustáceo remipedio, Speleonectes tulumensis, que es una de las formas más primitivas dentro de los crustáceos.*



*Las adaptaciones a la vida cavernícola incluyen la pérdida de pigmentación del cuerpo y la atrofia de órganos visuales; ambas características son propias del pez troglodiplo *Ogilbia pearsi*.*

es elevada como respuesta a los pulsos de alimento, pero posteriormente decrece. Aquí los productores fotoautotróficos son reemplazados por hongos y bacterias que crecen en la haloclina, o sobre las paredes y el piso del sistema, generando lo que se conoce como biopelícula. Esta es muy importante ya que al incorporar materia orgánica disuelta se emplea como fuente de alimento para niveles tróficos superiores por conducto de un circuito microbiano.

Las tramas alimenticias son generalmente simples, se caracterizan por tener pocos niveles tróficos, y en ellas se evita la pérdida de energía de un nivel al otro, asegurando una alta eficiencia de transferencia. Las dietas de los invertebrados son comúnmente polífagas, no especializadas; así, la principal respuesta adaptativa de los organismos que habitan en los sistemas anquihalinos a la escasez de alimento es su resistencia a la inanición y su elevada eficiencia para asimilar y transferir la energía.

Como adaptaciones para poder consumir la biopelícula, los organismos han desarrollado cerdas o cepillos en los apéndices, que llevan el alimento a las partes bucales, o elaboradas estructuras de percepción para detectar concentraciones muy pequeñas de aminoácidos. Nuestros resultados han mostrado que puede haber interesantes cambios en las dietas, pues algunos de los organismos pueden basar su alimentación en carnivoría durante los periodos de lluvias y permanecer varios meses alimentándose de la biopelícula durante el estío. La naturaleza de las dietas influye en las tasas metabólicas observadas, las cuales son

por lo común más bajas que las observadas en especies epígeas.

De manera adicional a las adaptaciones a las fuentes alimenticias escasas, otras adaptaciones se establecen como respuesta a las condiciones físicas del ambiente, siendo la principal la falta de luz. La oscuridad permanente ha generado la ausencia de pigmentación, una regresión ocular y la hipertrofia de los órganos sensoriales. Los apéndices tienden a ser largos y numerosos, con receptores mecánicos y químicos altamente desarrollados para detectar el alimento y las presas en un ambiente tan diluido. La forma del cuerpo generalmente es vermiforme, esto es alargada y delgada. Un aspecto casi desconocido de esta biota es la conducta y la respuesta a los diversos ritmos exógenos (diurno, mareal, estacional).

La interacción de las especies influye, a su vez, en la transformación de los materiales y flujos entre cada uno de los sistemas vinculados al sistema anquihalino, como lo es el mar, los estuarios, los humedales, la selva y los cenotes. Los resultados de las investigaciones realizadas a la fecha sugieren la existencia de una trama alimentaria con muchas especies involucradas que interactúan con los procesos geoquímicos asociados a los gradientes de oxidación y la hidrodinámica propia de cada sistema. Los resultados muestran también que una posible fuente adicional de alimento para muchos de los componentes de la trama alimentaria en los sistemas anquihalinos de Quintana Roo proviene de la quimioautotrofia, que se desarrolla en las zonas anóxicas, generada por la descomposición





*En virtud de la ausencia de fotosíntesis dentro de los ambientes anquihalinos, la mayor fuente de materia orgánica es exportada como hojarasca de la selva y de detrito generado por la vegetación sumergida en los cenotes.*





*El área oscura frente al observador es una apertura por donde sale agua dulce hacia el mar, proveniente del sistema anquihalino durante la marea baja, o por donde entra agua salada durante la marea alta.*

de detritos tanto en cenotes estratificados como en el interior de los ductos.

#### Desarrollo y manejo de los recursos acuáticos

**D**e acuerdo con lo que se conoce hasta ahora, los ambientes anquihalinos de Quintana Roo están poco perturbados, son vírgenes y no contaminados, y se caracterizan por tener niveles bajos de materia orgánica disuelta y particulada. Se ignora la variación estacional, que desempeña un papel relevante en muchos de los ambientes acuáticos tropicales, así como los efectos de eutroficación. Resultados preliminares nos llevan a plantear que estos sistemas debieran considerarse dentro de los ambientes en riesgo, dado el crecimiento explosivo de asentamientos humanos, expansión municipal e industrial y desarrollo económico sustancial en la región, vinculado al turismo.

Es sabido que las actividades asociadas al desarrollo costero, intrínsecamente relacionado con el futuro socio-

económico del Caribe, alteran el funcionamiento de los sistemas naturales por efecto del uso de la tierra, generando niveles elevados de desechos sólidos y líquidos, y la presencia de pesticidas y metales pesados. A la fecha se ha registrado una disminución de casi 70% de la selva tropical por deforestación, por extracción de arena para renovar las playas y roca para la construcción. Este impacto ya reconocido y sus consecuencias son objeto de diversos programas de investigación, manejo y política ambiental, que se desarrollan para proponer modelos predictivos con escenarios que describan los efectos que tendrá el desarrollo de la costa de Quintana Roo sobre la salud y el uso del agua como recurso.

El estudio de los sistemas anquihalinos representa una frontera de exploración, en la que todavía están por descubrirse nuevos procesos biológicos. Dentro de la península de Yucatán se espera que exista una extensión mayor a la hoy conocida de galerías anquihalinas. Estudios a futuro sobre la fauna anquihalina deberán contemplar las diferentes escalas de los procesos que determinan su

aislamiento y diferenciación. El estrecho vínculo que guarda el equilibrio dentro de las cuevas con lo que sucede en el exterior demanda que se considere una protección especial para estos ecosistemas frágiles, y pobremente documentados, en donde casi todas las especies son endémicas. ●

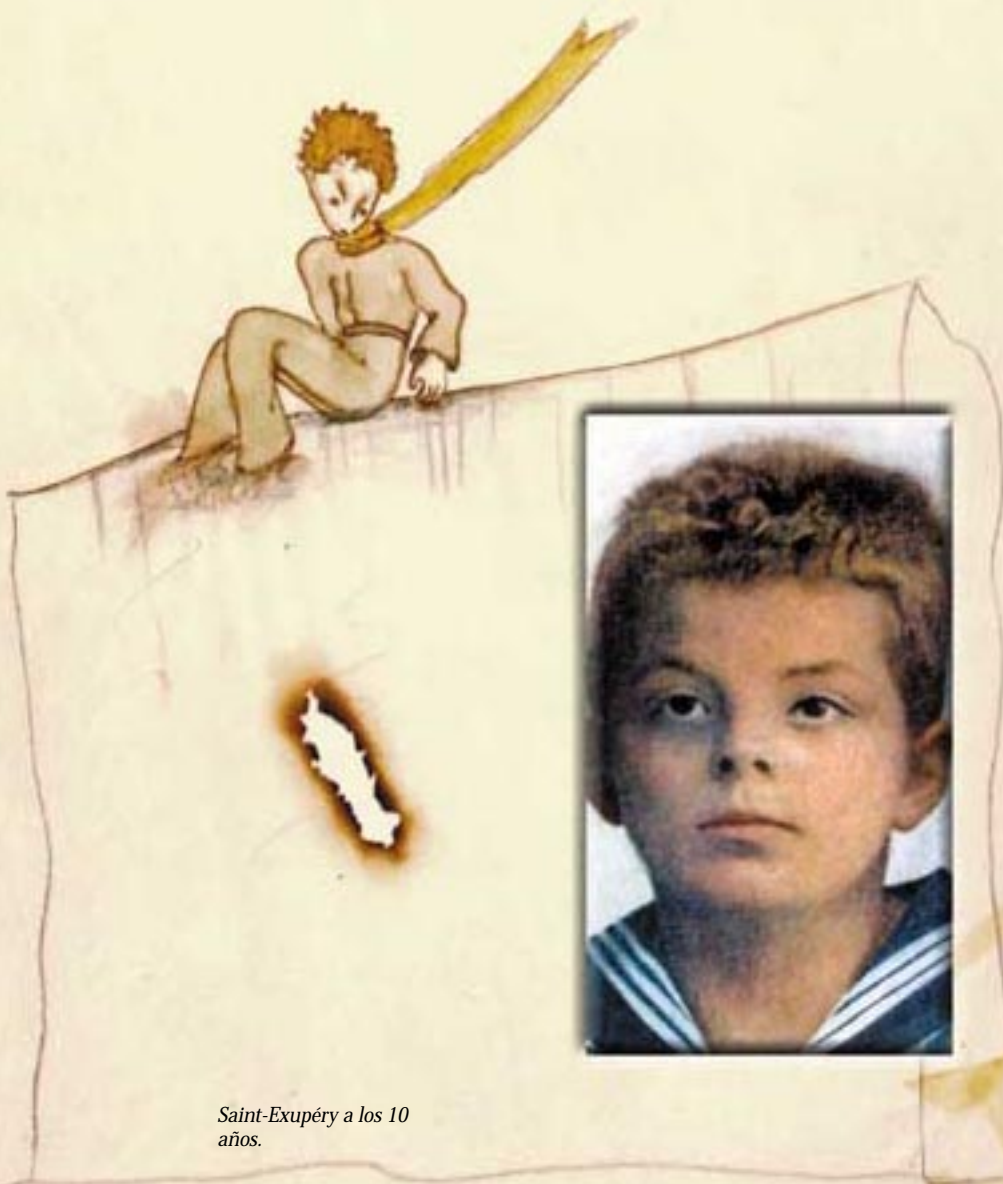
#### Reconocimientos

El financiamiento para este estudio se obtuvo por medio de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico, de la Universidad Nacional Autónoma de México, Proyecto IN- 203894. El apoyo logístico fue proporcionado por Mike Madden, el grupo CEDAM, y el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la propia Universidad.

#### Bibliografía

- Alcocer, J.; A. Lugo; L. E. Marín, y E. Escobar. "Hydrochemistry of Waters from Five Cenotes and Evaluation of their Suitability for Drinking-water Supplies, Northeastern Yucatan, Mexico", *Hydrogeology Journal* 6(2), 1998, pp. 293-301.
- Iliffe, T. M. "An Annotated List of the Troglotic Anchialine and Freshwater Fauna of Quintana Roo", en D. Navarro y E. Suárez-Morales (eds.), *Diversidad biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*, vol. II, Chetumal, 1992, CIQRO/Sedesol, pp. 197-217.
- Marín, L. E., y E. C. Perry. "The Hydrogeology and Contamination Potential of Northwestern Yucatan, Mexico", *Geofísica Internacional* 33(4), 1994, pp. 619-623.
- Sánchez, M.; J. Alcocer; A. Lugo; M. R. Sánchez, y E. Escobar. "Variación temporal de las densidades bacterianas en cinco cenotes y dos cuevas sumergidas del NE de Quintana Roo, México", en J. M. Mancilla D., y G. Vilaclara F. (comps.), *Cuadernos de investigación interdisciplinaria en ciencias de la salud, la educación y el ambiente*, vol. 1, México, 1998, UNAM, pp. 66-80.
- Steinich, B.; G. Velázquez Olimán; L. E. Marín, y E. Perry. "Determination of the Ground Water Divide in the Karst Aquifer of Yucatan, Mexico, Combining Geochemical and Hydrogeological Data", *Geofísica Internacional* 35(2), 1996, pp. 153-159.





*Saint-Exupéry a los 10 años.*



# Antoine de Saint-Exupéry, fiel a su leyenda

VICENTE QUIRARTE

---

*Hizo de la aviación una clase de poesía. Fue el arcángel entre el cielo y la tierra, entre las estrellas, en esa noche donde, perdido en el espacio, sin saber qué luces eran las de la tierra, debió escoger entre los planetas, luego de haber perdido el suyo. Y es verdad que su leyenda heroica está intacta. Él fue igual a su leyenda.*

León Werth

---

- A Vicente Guarnier, cuando era niño.

“E

L HOMBRE SE DESCUBRE CUANDO SE MIDE CON EL OBSTÁCULO”.

Leída aisladamente, la frase parece tomada de un manual de superación personal que en nombre de un optimismo irresponsable borra mágicamente pesares y congojas del animal humano. Las mismas palabras adquieren dimensiones mayores si las insertamos en la aventura de su autor, Antoine de Saint-Exupéry, que en sus 44 intensos años de vida escribió y actuó una sinfonía de heroísmo, resistencia y cumplimiento del deber.



El joven del servicio militar.

Nacido con el siglo, el 29 de junio de 1900 en la ciudad de Lyon, abandona este mundo, en misión de guerra, el 31 de julio de 1944. Los dos extremos de su estancia en la tierra constituyen momentos decisivos de un tiempo creyente en los principios de orden y progreso heredados por el positivismo del siglo XIX. Saint-Exupéry nace cuando los habitantes del tercer planeta del sistema solar hacen una religión de las instituciones y las bondades de la técnica. Desaparece cuando la victoria de esa civilización –amenazada por dos guerras mundiales de consecuencias inimaginables– parece triunfar sobre sus enemigos, a

costa de grandes pérdidas y profundos cuestionamientos. Pertenece Saint-Exupéry a la última generación de románticos, esa que hace de su vida materia inmediata de sus textos, o que lleva la intensidad de sus actos por encima de sus hechos escriturales. Dos oficios para él indisolubles, piloto y escritor, lo convierten en una personalidad pública poco común. Escritores como André Malraux y Ernest Hemingway tripularon aviones republicanos en la Guerra Civil española. Sólo Saint-Exupéry fue piloto de tiempo completo. Pionero de la aviación comercial, guerrero aliado, experto en vuelos de reconocimiento, volar no era la satisfacción de un anhelo estético sino la ética de quien sabe realizar un trabajo y lo ejecuta de la mejor manera posible. La mitad de su vida transcurre en el aire, y le corresponde ser testigo de las etapas más importantes de la aviación: es adiestrado en un biplano Breguet, herencia de los ejércitos beligerantes en la Primera Guerra; continúa su carrera en su avión propio, un Caudron-Simoun en el que tuvo accidentes tan aparatosos como milagrosos: el primero en el desierto de Libia; el segundo en Guatemala. Concluye –literalmente– su carrera en un Lockheed P 38, el avión más rápido de su tiempo, capaz de alcanzar los 700 kilómetros por hora.

Cumplía cada una de sus misiones, decían sus colegas, con la seriedad y la solemnidad de la primera. No dudó al tomar la decisión que le correspondía: quiso y supo estar del lado de la que creía la única causa digna de ser salvada, aunque su patriotismo no se manifestaba en hechos exteriores y estridentes. En una ocasión, ya consagrado como escritor de éxito, traducido a varios idiomas y trasladado al cinematógrafo, cuando se le preguntó cuáles eran sus lecturas favoritas, mencionó el nombre de Pascal, pero finalmente repuso: “Aquellos libros que reflejan la civilización”. Y si un autor escribe los libros que quisiera leer, el principio anterior puede aplicarse a una obra aparecida a lo largo de 14 años: *Courrier-Sud* (1929), *Vol de nuit* (1931), *Terres des hommes* (1932), *Pilote de Guerre* (1942), *Lettre à un otage* (1943), *Le Petit Prince* (1943). La obra que preparaba en el instante de morir, *Citadelle*, apareció de manera póstuma.

La escritura y la aviación son en Saint-Exupéry emo-

*En la fotografía superior Consuelo Suncín, esposa de Antoine de Saint-Exupéry, y en la inferior, la pareja recién casada en compañía de sus sobrinos, hijos de Gabrielle, hermana de Consuelo.*



ciones análogas e inseparables que lo estremecen desde sus primeros años. Su infancia ve la aparición casi milagrosa de las máquinas voladoras. Los aviadores son los nuevos héroes –semidioses– de la religión de la velocidad y de la noche a la mañana se convierten en objeto de veneración. Saint-Exupéry era hijo de una familia de nobles empobrecidos, que le dieron la más feliz de las infancias. El vizconde Jean de Saint-Exupéry, dejó la carrera de las armas para dedicarse a la venta de seguros en Lyon, ciudad donde conoció a la que sería su esposa, Marie de Fonscolombe, mujer educada, conocedora de música y pintura. La muerte de Jean, en 1904, deja a la viuda con cinco hijos. Se trasladan a la propiedad de la familia materna, en Moule, donde los niños Saint-Exupéry crecen en contacto con la naturaleza. Como estudiante, Antoine es distraído y soñador. Explora con meticulosidad, como después lo hará con los aviones, el mecanismo de su pluma fuente, el casi milagroso principio de capilaridad que permite el almacenamiento de la tinta y su flujo adecuado a la hoja de papel.



En 1908 se había abierto en el Palais Royal el Primer Salón de Aeronáutica. El 25 de julio de 1909, el francés Louis Blériot había logrado la travesía del Canal de la Mancha. El primer contacto con el avión, ese instrumento “que nos hace descubrir el verdadero rostro de la tierra” tiene lugar para el niño Antoine en 1912, momento decisivo en su educación sentimental. En una de sus excursiones en bicicleta, a la cual ataba unas maderas que semejabán alas, Antoine descubre el oasis que habrá de signar su destino: el aeródromo de Ambérieu, donde también se fabricaban aviones. El niño de cabellos dorados y nariz respingada –entonces semejante al personaje infantil cuya imagen habrían de inmortalizar sus dibujos– conversa con los mecánicos, indaga sobre el funcionamiento de las máquinas voladoras, grandes escarabajos de madera,

metal y tela, tensados por cuerdas de piano. En un aeródromo improvisado en las afueras de Ambérieu, el célebre aviador Jules Védri-

nes, que había establecido el tiempo récord entre París y Madrid, invita al niño a un vuelo nocturno. Carácter es destino: en junio de 1910, poco antes de cumplir la primera década de su vida, Antoine había recibido su primera pluma fuente, con la que se apresura a escribir una carta a su madre, quien habría de ser una de sus principales destinatarias epistolares. Vuelo y escritura, avión y estilográfica serán de ahí en adelante sus armas inseparables.

En 1917, los Saint-Exupéry sufren una segunda pérdida. Muere François, compañero de juegos de Antoine, quien posteriormente fracasa en su ingreso a la Escuela Naval. En 1921, como parte de su servicio militar, se incorpora al 2o. Regimiento de aviación de Estrasburgo, como soldado de segunda clase. Ahí obtendrá su licencia de vuelo. Saint-Exupéry carga con un apellido aristócrata, pero debe ganarse la vida. Tras fracasar en diversas empresas comerciales, viaja a Toulouse, base de la compañía aérea que transporta el correo hacia África y Sudamérica. Su entrevista transcurrió de la siguiente manera:

Didier Daurat lo recibe como recibe a todos los jóvenes pilotos: el rostro impassible, la mirada





El piloto en el Sahara.

inquisidora, la palabra lenta y recalcada. Y como Saint-Exupéry dijera:

–Señor, sobre todo yo quisiera volar.

Daurat responde:

–Usted hará como los demás. Hacer fila.

Hacer fila consistía, tras cambiarse al overol del mecánico, trabajar en un hangar, desmontar los motores, los cilindros, las bujías, meter las manos

en el aceite sucio. Era, antes de ser piloto de la línea, el aprendizaje de una nueva vida.

–Pero si no soy obrero.

Daurat le respondió:

–Ser piloto es ser obrero.

La humilde aceptación del trabajo es el tema central de *Terre des hommes*. El aristócrata nominal debe resignarse a meter las manos en la mecánica, ese trabajo sucio pero necesario, y en el cual su piloto de *El principito* se halla empeñado cuando en el desierto se encuentra por primera vez con el singular personaje. Gracias a ese contacto directo con las entrañas de la máquina, Saint-Exupéry descubrirá el sentido simbólico y concreto del mecánico: un escudero que acompaña al caballero andante y conoce las enfermedades de su cabalgadura. Saint-Exupéry se instala en el Hotel du Grand Balcon de Toulouse, que aún hoy funciona como tal. Fotografías de los aviadores de los años veinte y treinta dan testimonio del paso de esos peregrinos heroicos, y una placa atestigua la estancia del escritor durante varias temporadas de su vida. La línea, figura emblemática en la obra de Saint-Exupéry, era concretamente la aérea, pero desde el punto de vista simbólico era la ruta de peregrinación que permitía a sus personajes volar, con puestos de abastecimiento adecuados, desde el sur de Francia hasta Sudáfrica y Sudamérica: recorrer el mundo y hacerlo útilmente. En 1930, en Buenos Aires, conoce a la que habría de ser su esposa: Consuelo Suncín, viuda del escritor guatemalteco Alfonso Gómez Carrillo. Pinta, esculpe y escribe, y tiene un gran sentido del humor. En contraste, es caprichosa y cambia de opinión a cada instante. Varios biógrafos han querido verla simbolizada en la rosa que en el planeta del principito tiraniza y humilla al pequeño monarca con peticiones absurdas y constantes.

Todas las obras de Saint-Exupéry, con excepción de *El principito*, pueden denominarse novelas realistas. La aventura no nace de la imaginación sino de la vivencia inmediata. Desde la acción narrativa, muchas de sus páginas son preparatorias para construcciones aforísti-



*Saint-Exupéry y su mecánico, André Prévot, frente a su avión Simoun.*

cas donde el escritor apuesta a la reflexión filosófica y a la frase poética. El ambiente, la espera, la realización del trabajo son deberes que cumplen sus personajes con naturalidad. En ese sentido, su evolución literaria recuerda la de Herman Melville, el joven ballenero cuyo viaje iniciático tiene lugar en barcos balleneros. *White Jacket*, *Taipee* y *Omoo* son novelas, como las de Saint-Exupéry, donde hechos y personajes apenas aparecen disfrazados: la realidad vivida es superior a la fantasía imaginada y el escritor consume su arte al encontrar en sus obras narrativas el hallazgo poético. Mientras Melville lleva a sus más altas cimas poéticas la novela de aventuras marinas, Saint-Exupéry es el primero en hacer una novela de la aviación. Es verdad que autores como René Chamber y Joseph Kessel habían escrito obras sobre la guerra aérea, pero es Saint-Exupéry quien con su primera novela, *Courrier du Sud*, hace la saga de los aviadores comerciales, esos portadores de noticias que, como el escritor, tratan de establecer vínculos entre los hombres gracias al poder de la palabra. Sólo que a diferencia de la alegoría lograda por Melville en *Moby Dick*, Saint-Exupéry no tiene grandes pretensiones metafísicas: su mensaje es claro y si bien no unívoco –no hay obra literaria que lo se quiere llegar directamente a la sensibilidad del lector.

El gran personaje de sus novelas es el aire, ese ámbito donde “el hombre está puesto a la discreción de Dios”. André Gide supo reconocer el talento del joven escritor, cuando aceptó prologar *Vol de nuit*. Gide se sintió impresionado ante la fuerza de esos personajes que hacían del cumplimiento del deber una emoción más fuerte que el amor. Lo escrito ahí constituye una poética de lo que a partir de su segundo libro Saint-Exupéry iba a lograr: “La felicidad de un hombre no se encuentra en la libertad,



*Saint-Exupéry tras el accidente en el desierto de Libia a bordo de su avión Simoun.*



*Cartel publicitario de la compañía para la cual volaba Saint-Exupéry.*

sino en la aceptación de un deber.

Cada uno de los personajes de este libro está ardentemente, totalmente dedicado a lo que debe hacer, a esa tarea peligrosa en cuyo cabal cumplimiento hallará el reposo de la felicidad...en un tiempo donde la noción de heroísmo tiende a abandonar al ejército, puesto que las virtudes viriles corren el riesgo de desaparecer en las guerras de mañana, donde los químicos nos invitan a presentir el futuro horror, ¿no es en la aviación donde vemos desplegarse el valor de manera más admirable y útil?” Gide anticipa los horrores de la segunda Guerra Mundial, más destructiva que la primera. Su ensayo general en España –donde ciudades enteras son arrasadas por la aviación fascista– tiene su corolario en el hongo atómico, que niega todo heroísmo a la confrontación entre los hombres. Por eso Gide reconoce la epicidad



Mujeres en la vida de Saint-Exupéry

de esos oscuros pilotos civiles que, como Saint-Exupéry, al horadar el espacio nocturno en sus máquinas voladoras, trataban de superar al ferrocarril y al barco.

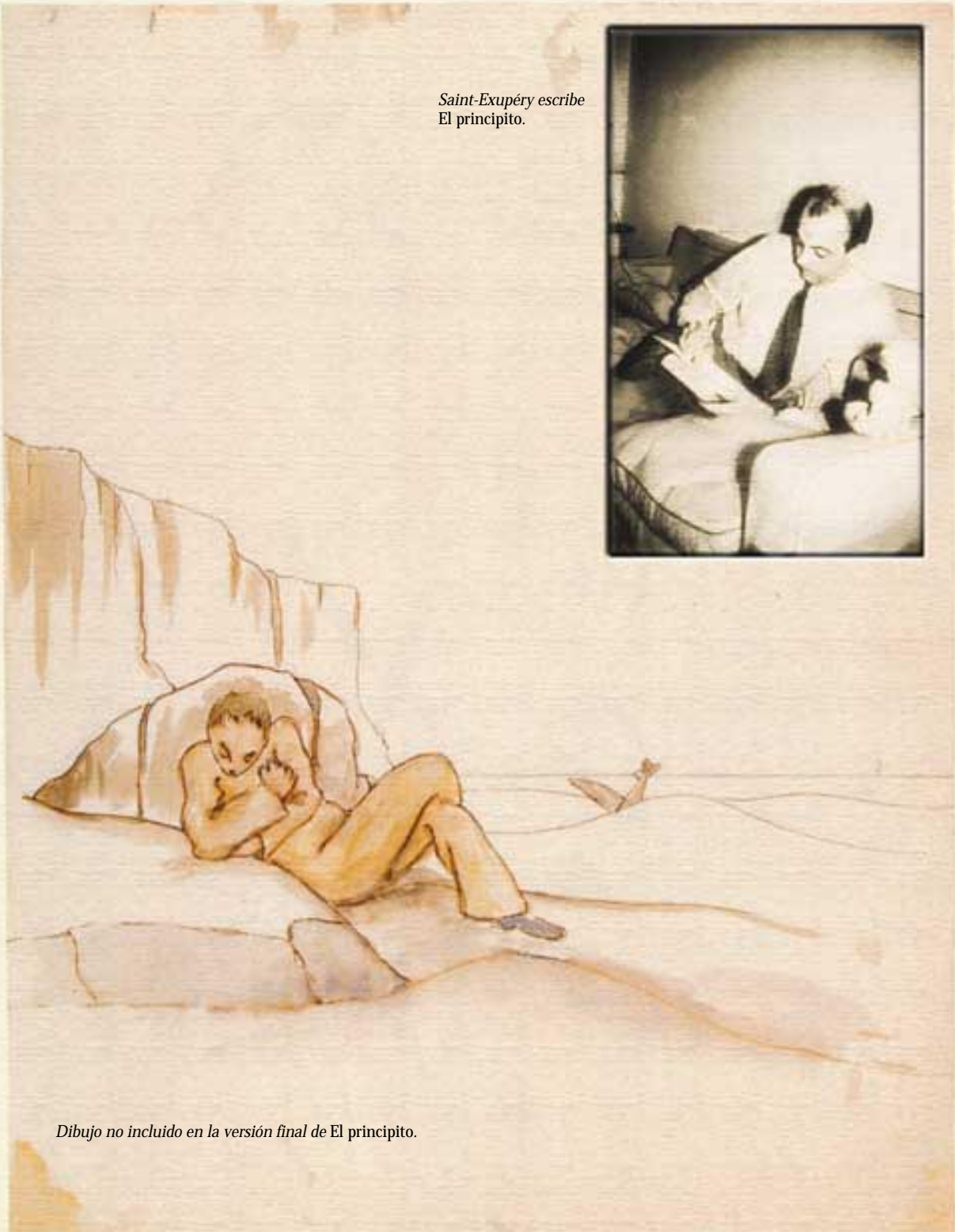
La vida de Saint-Exupéry está recorrida por grandes elevaciones y enormes caídas. Arbitrario e infantil, taciturno y locuaz, generoso en el trabajo con otros pilotos y egoísta en el tiempo dedicado a su escritura, su paso no fue desapercibido. Como los grandes y auténticos melancólicos, sólo en el movimiento encontraba una curación para las enfermedades del alma. Despreciaba los deportes y caminaba lo menos que podía. Moverse era para él volar, estar en libertad en el espacio. Su participación como periodista en la Guerra Civil española no lo encuentra en su mejor momento. La invasión de Hitler a Polonia, Holanda y Francia coincide con una crisis emocional del escritor-piloto que ve llegar la madurez en uno de los momentos más difíciles de la humanidad. Opositor al gobierno colaboracionista de Vichy, en 1942 se dirige a los Estados Unidos. Se niega a aprender inglés, pero sus amigos lo ayudan a combatir su aislamiento. Le acondicionan un

departamento en un edificio cercano a Central Park, cuyo mayor lujo es estar en el piso 23. El escritor y piloto están de ese modo más cerca de las estrellas. Dos años de permanencia en América ven un renacimiento en el trabajo de ese piloto herido, cojeante, neurótico. El calor femenino lo impulsa en la que sus biógrafos han calificado de “resistencia en la Quinta Avenida”. Silvia Reinhardt es su amiga y su mecenas, su consejera y su enamorada. Cuando le dice que ha sufrido durante horas porque no llegaba, le da pie al escritor para la figura del zorro, acaso la más importante de *El principito*. Consuelo, su esposa, llega a Nueva York para reanudar una relación mutua de celos y malos entendidos. En guerra con el mundo y en guerra su mundo personal, Saint-Exupéry invoca el único de los vínculos que es privativo de los humanos: la amistad. Recuerda a su amigo León Werth y a él dedica las que son sus obras más intensas de esos años y de toda su producción: la *Carta a un rehén* y *El principito*. La primera es un verdadero poema en prosa, donde el autor simboliza en Werth –judío condenado a portar la estrella amarilla en su traje– a los millones de rehenes que el mundo tiene bajo el nazismo. La escritura e ilustración de *El principito* nacen como una ocupación terapéutica para su autor. En una farmacia de la octava avenida, el escritor compra una caja de acuarelas para niño y da cuerpo a los dibujos de un hombrecito que desde tiempo atrás había venido inscribiendo en sus cartas. El manuscrito de la novela, hoy bajo custodia de la Biblioteca Morgan, permite examinar el desarrollo del trabajo. Saint-Exupéry escribía fluidamente, pero su excesiva autocrítica lo llevaba a repetir textos y dibujos. Tuvo que hacer numerosos ensayos hasta llegar a la versión que le satisfizo del baobab que nos es más familiar. En este artículo se incluyen algunos de los dibujos preliminares y otros que eliminó de la edición definitiva. Resulta interesante que en las primeras versiones apareciera el personaje del piloto, quien narra la historia. Igualmente notorias son las huellas del café y el cigarro en varios de los dibujos.

El libro que iba a ser un divertimento se convertiría en su obra mayor, en uno de los textos más importantes del siglo XX y en el único libro de un autor francés tradu-



*Saint-Exupéry escribe  
El principito.*



*Dibujo no incluido en la versión final de El principito.*



Dibujo no incluido en la versión final de *El principito*.

cido al targui, la lengua de los tuaregs. ¿De dónde proviene el éxito de *El principito*, vigente más de medio siglo después de su primera aparición? Fábula de un adulto desencantado, no es estrictamente un libro para niños. Los editores que lo dieron por primera vez a la luz habían obtenido éxito con *Mary Poppins*. *El principito* es una obra moral y no moralizante. Enseña por lo que dice y no por lo que quiere decir. Cautiva por lo que su personaje narrador –ausente– logra dar al lector y no vendérselo.

Resulta elocuente que mientras en el verano y el otoño de 1942, Saint-Exupéry se encierra en una casa de Long Island y en el departamento de Silvia Reinhardt en la Quinta Avenida para escribir *El principito*, el cineasta de origen húngaro Michael Curtiz filma la película *Casablanca*. Estrenada el 26 de noviembre de 1942 en el Hollywood Theater de Nueva York, pasa casi desapercibida. El arte se anticipa a la realidad: la película se convierte en un éxito y posteriormente logra la categoría de mito cuando el 14 de enero de 1943, los jefes de los países aliados se reúnen en Casablanca. En marzo de 1942 había aparecido *El extranjero* de Albert Camus. ¿Qué tie-

Saint-Exupéry poco antes de morir (1944).



nen en común las tres obras? Como el Rick de Casablanca, el Merseault de Camus es un hombre que aparentemente ha perdido sus ideales. Merseault acepta estoicamente la muerte como una consecuencia natural de la condición trágica de la vida. Rick encuentra en la amistad la respuesta a sus pérdidas y desilusiones. Como el zorro enseña al narrador de Saint-Exupéry, encuentra que lo esencial es invisible para los ojos, y que la amistad es el más potente de los afectos humanos, el más difícil de lograr y mantener. Lo más intenso en esta conclusión es que Saint-



Exupéry no se haya dormido en los laureles autocomplacientes del éxito inmediato. En cuanto le fue concedido, fue nuevamente movilizadado al frente de guerra. Se incorpora al escuadrón 2/33, con sede en Cerdeña. Los americanos entrenan a los aviadores aliados en el manejo de sus modernas naves de combate. La edad límite para los pilotos es 35 años. El aura y la fama del escritor y aviador veterano que está a punto de cumplir 44 años le conceden el privilegio de realizar cinco misiones. Saint-Exupéry estaba plenamente seguro de la situación en que se encontraba: era un piloto de guerra y la posibilidad de sobrevivir no dependía únicamente de la voluntad del viento o del buen funcionamiento del motor: los cielos estaban invadidos por los cazas alemanes que diariamente derribaban aviones de reconocimiento como el que tripulaba. En *Pilote de guerre* sintetiza esta condición de manera profética y estremecedora: “La guerra no es la aceptación del riesgo. No es la aceptación del combate. Es, para el combatiente, la aceptación pura y simple de la muerte.”

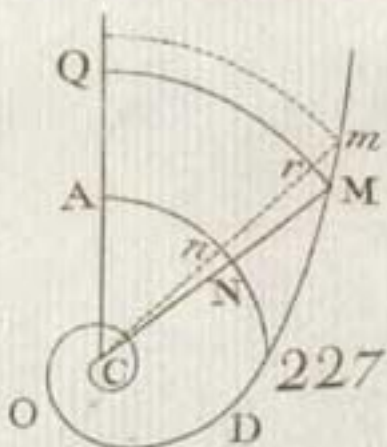
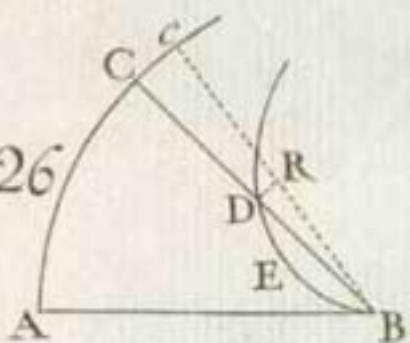
El avión *Lightning* P 38 que a las 8:45 del 31 de julio de 1944 despega del sur de Borgo, al sur de Bastia, Córcega, tiene como misión sobrevolar Grenoble y la región de Annecy. Con una autonomía de seis horas, el aparato se pierde en la luminosidad del día. A las 14 horas, el *Lightning* no ha regresado. Se da por desaparecido al tripulante, Antoine de Saint-Exupéry, quien un mes atrás había llegado al año 44 de su edad. Comenzaba una nueva leyenda. La otra había sido forjada en vida por quien hizo del aire su poema y del avión un instrumento de trabajo para acercar a los hombres.

### Bibliografía

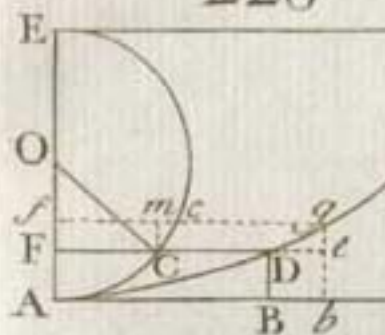
- Migeo, Marcel *et al.* *Saint-Exupéry*, Paris, 1963, Librairie Hachette, Génies et Réalités.
- Saint-Exupéry, Antoine de. *Oeuvres complètes*, II vol., Paris, 1994, Gallimard, Bibliothèque de la Pléiade, Édition publiée sous la direction de Michel Autrand et de Michel Quesnel.
- . *El principito*, Buenos Aires, 1996, Emecé Editores. Edición del cincuenta aniversario, traducido del francés por Bonifacio del Carril, introducción de Charles E. Pierce, Jr.
- Schiff, Stacy. *Saint-Exupéry. A Biography*, London, 1994, Chatto & Windus.
- Vallières, Nathalie des. *Saint-Exupéry. L'archange et l'écrivain*, Paris, 1998, Gallimard.



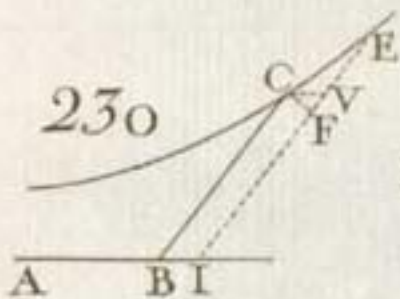
226



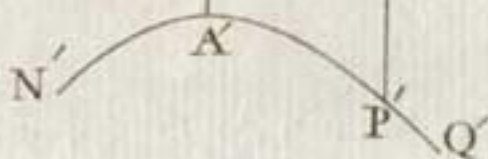
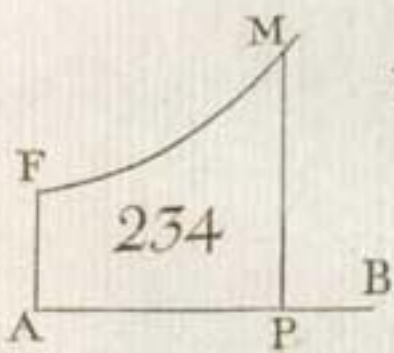
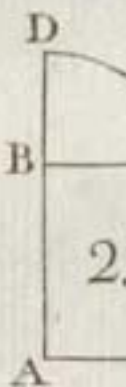
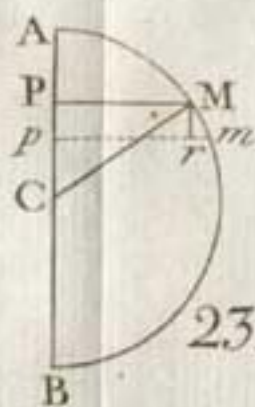
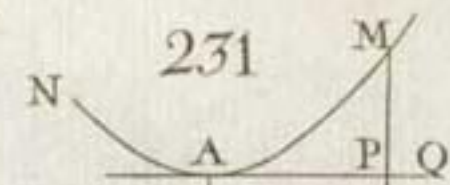
228



230



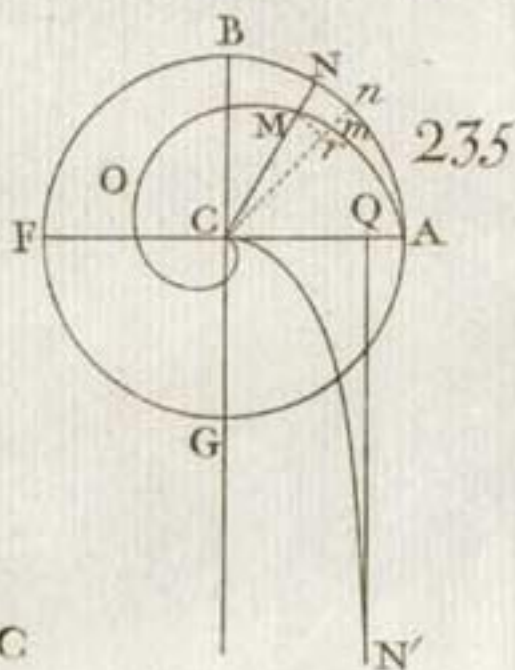
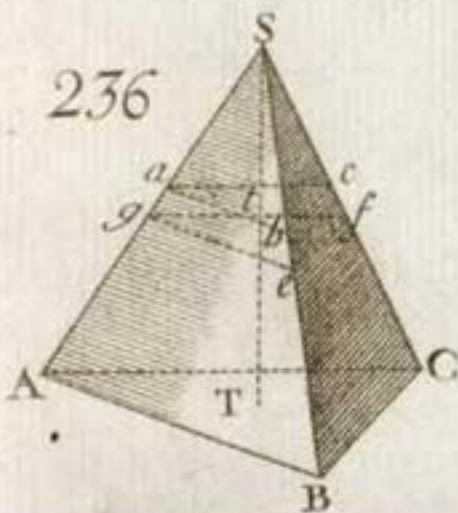
231



232

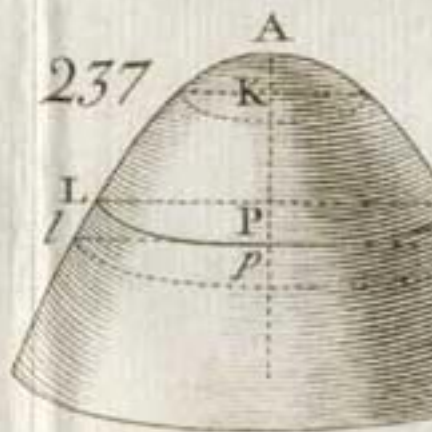
233

236



235

237

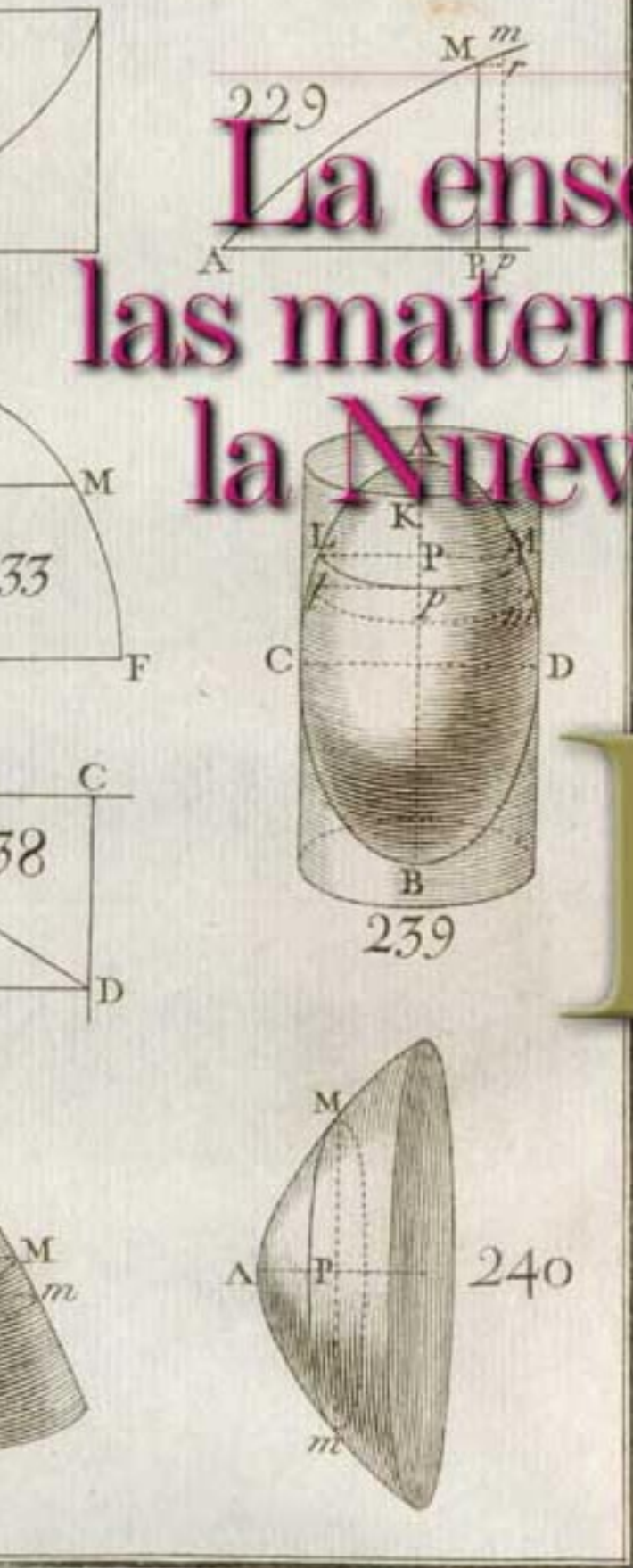


# La enseñanza de las matemáticas en la Nueva España

MARCO ARTURO MORENO CORRAL

## Introducción

Por iniciativa de la Unión Matemática Internacional, la UNESCO decidió declarar en 1997 el 2000 como Año Mundial de las Matemáticas, con la intención de que se reconozca que “las matemáticas puras y aplicadas son quizá las claves más importantes para la comprensión del mundo y de su desarrollo”. Con ese motivo, ambas organizaciones realizan este año diversas actividades tendientes a promover las acciones necesarias para que la sociedad en su conjunto tome cabal conciencia del importante papel que esta disciplina ha desempeñado a lo largo de miles de años de cultura. En ese espíritu hemos querido contribuir, haciendo llegar a los lectores de *Ciencia y Desarrollo* datos importantes y poco conocidos sobre la historia de las matemáticas en México. Hasta donde sabemos, no hay texto alguno que presente un panorama razonablemente completo sobre el desarrollo de esta ciencia en nuestro país, aunque si se han escrito ensayos sobre ciertos aspectos de su historia,<sup>1</sup> sin embargo, se requieren trabajos de mayor profundidad, y mientras ello ocurre deseamos aportar algo a ese futuro esfuerzo, señalando diversos momentos en que las matemáticas tuvieron relevancia durante la época colonial.





# ELEMENTOS DE MATEMÁTICA.

POR D. BENITO BAILS,

Director de Matemáticas de la Real Academia de S. Fernando,  
Indicida de las Reales Academias Española, de la Historia,  
y de la de Ciencias naturales, y Artes de Barcelona.

TOMO III.



MADRID.

Por D. JOACHIN IBARRA, Impresor de Cámara de S. M.

M.DCC.LXXIX.

## INDICE

De lo que contiene este Tomo III.

	XLIII
<i>E</i> lementos de Senos y Cosenos. Introdutorio.	Págs. 21.
De la Parábola.	26.
De la Elipse.	26.
De la Hipérbola.	26.
Formación de las secciones cónicas en el cono, y consideraciones sobre algunas curvas de trazo.	125.
De algunas otras curvas algebraicas.	134.
De las Parábolas e Hipérbolas de varios giros, y particularmente de la Parábola cúbica.	134.
De la Cúbica.	145.
De la Cuadrada.	145.
De los Lugares geométricos.	145.
De los Lugares pertenecientes a la parábola.	147.
De los Lugares pertenecientes a la elipse y al círculo.	151.
De los Lugares pertenecientes a la hipérbola referida a sus ejes.	170.
De los Lugares pertenecientes a la hipérbola referida a sus ejes.	176.
De la construcción geométrica de las operaciones del álgebra y cuatro grados.	182.
Construcción de las ecuaciones del tercer y cuarto grado por medio del círculo, y de una parábola dada.	184.
Introducción a la aritmética por medio de una compresión.	190.
Resolución de algunas cuestiones indeterminadas.	196.
Resolución de algunas cuestiones determinadas.	197.
Elementos del Cálculo diferencial. Introdutorio.	199.
Del Cálculo diferencial.	202.
De las Diferenciales separadas.	205.
De la Diferencial de las cantidades exponenciales.	208.
De las Diferenciales de los senos, cosenos, &c.	209.
De algunas curvas algebraicas.	210.
De la Construcción de Binomios.	214.
De la Espiral de Arquímedes.	214.
De la Espiral parabólica.	215.
De la Espiral hiperbólica.	217.
De la Cúbica.	217.
Aplicación del cálculo diferencial a la ductura de las líneas curvas.	219.

## Los inicios

Cuando los misioneros comenzaron a enseñar la cultura occidental en instituciones como el Colegio de Tlatelolco (1536) o el de Tiripitío (1540), entre los conocimientos impartidos debieron incluir las reglas aritméticas básicas. Por ese entonces, los giros de la creciente actividad económica novohispana obligaron a los comerciantes a manejar un mínimo de conceptos matemáticos, que muchos habían aprendido en Europa, pero otros tuvieron que hacerlo aquí, guiados por mercaderes experimentados y con la ayuda de textos elementales de aritmética mercantil. Al respecto se sabe que entre los libros de la biblioteca del Colegio de Tlatelolco<sup>2</sup> se encontraba al menos una obra de ese tipo, que fue la *Summa de tratos y contratos* de Tomás Mercado, publicado en Sevilla en 1571, texto que si no es propiamente de aritmética, es un tratado de sus aplicaciones en el terreno comercial.

## El primer libro matemático del continente americano

De seguro la falta de libros para aprender las matemáticas fue la causa de que en 1556 se editara en la ciudad de México el *Sumario compendioso de las quantas...*, escrito por Juan Díez Freyle, y este es sin duda el primer texto científico publicado en todo el continente americano.<sup>3</sup> Se trata de un libro de aritmética que enseñaba a calcular el tanto por ciento, a usar la regla de tres, a operar con raíces y números cuadrados, con fracciones, así como a efectuar conversiones entre monedas de uso corriente en el mundo hispánico. Contenía tablas que permitían realizar, en forma rápida y con conocimientos mínimos, el cálculo del valor preciso de cualquier cantidad de plata y oro de diferente ley. Además, y esto hay que resaltarlo, incluía una sección de álgebra (Arte Mayor como entonces se le conocía), en la que se explicaba la solución de problemas en los cuales intervenían ecuaciones simples de segundo grado de la forma  $x^2 + x = 1260$ ,  $x^2 - x + 1/4 = 16$ , o bien  $x^2 - 15 3/4 = x$ .



Portada y una de las páginas que trata sobre álgebra en el libro de Juan Díez Freyle.



**¶ Sumario cōpēdioso de las quētas**  
 Decima y oca d' en los rēgnos del E. I. I. son necesarias a  
 lo mercaderes y todo género de mercaderes. En algunas  
 reglas tocantes al d' rēgnos.  
 Hecho por Juan Díez Freyle.

Para establecer los méritos de este libro hay que recordar que al ser publicado habían transcurrido solamente 11 años desde que apareció en Europa el *Ars Magna* de Girolamo Cardano, obra considerada la iniciadora del álgebra moderna. En España el primer texto de ese género fue el *Libro primero de arithmetica algebratica* de Marco Aurel, publicado en 1552. Pero, ¿quién fue Juan Díez Freyle? Hasta la fecha no ha podido establecerse dato alguno definitivo sobre él. Hay quienes afirman que llegó con Cortés en 1519, pero otros dicen que el autor del *Sumario compendioso* era todavía joven cuando lo publicó. Al margen de estas suposiciones, no deja de ser notable encontrar en la Nueva España de mediados del siglo XVI a un individuo capaz de escribir sobre ecuaciones de segundo grado, cuando en Europa apenas había publicados a lo más cinco tratados sobre el tema.

#### Aculturación mediante textos matemáticos europeos

Al estudiar diversas fuentes hemos establecido cuáles libros científicos llegaron a México durante los siglos XVI y XVII,<sup>4</sup> mostrando que entre ellos hubo obras matemáticas.<sup>5</sup> En efecto, entre 1535 y 1600 entraron a nuestro país textos como el *Ars Arithmetica* de Juan Siliceo, publicado en París en 1514; la *Arithmetica practica y especulativa* y los *Fragments matematicos* de Juan Pérez de Moya, publicados en Salamanca en 1562 y en 1568 respectivamente; el *Libro de algebra en arithmetica y geometria* del portugués Pedro Núñez, salido de las prensas de Amberes en 1567; los *Elementorum libri xiii* de Euclides, impresos en Venecia en 1505, así como su traducción al español, intitulada *Los seis primeros libros de la geometria*, hecha por Rodrigo Zamorano y aparecida en Sevilla en 1576. También se encuentra el *In Euclidis elementa geometrica*, que es un comentario al texto del geómetra griego hecho por Jacques Peletier y publicado en Lion en 1557; el *De triangulis omnimodis* del alemán Johannes Regiomontanus, editado en Nuremberg en 1464, que salvo por la notación, tiene el contenido de un libro moderno de trigonometría. Igualmente encontramos el *Apollonii pergei conicorum* impre-

### Del arte. Mayor. fo. cj.

#### ¶ Regla.

¶ Digo que tenga una cosa de cabras multiplica en si base en yno lo multiplica el yno por 4, que es quadruplo base 4, y rēgnos y gualda a 90000 cabras q' es numero parte numero por centos y aca de milleros es 2250. rā y 3 de los quales son las cabras q' tema. Dize me toma 150. rā y 3 de 2250. multiplica en si base en 2250. multiplica los por 4, que es quadruplo son 90000.

#### ¶ Quarta quistion.

¶ Uno va por un camino pregunta a otro que leguas sola besta y na curre parte el otro le responde 27 tantas leguas que si las multiplica en si y lo producido parte por 5, el aduenimiento sera. Se. temando que leguas abra en lo que curre.

#### ¶ Regla.

¶ Digo que sea una cosa de leguas quadrada en si base en cifo parte le por 5, el aduenimiento es  $\frac{1}{5}$  de censo y gualda. Se. leguas parte numero por censo que es 30. por  $\frac{1}{5}$  el aduenimiento es 6. aca de rā y 3 son las leguas que se piden multiplica rā y 3 de 6. en si q' es 20. y lo producido parte por 5, el aduenimiento sera. Se. numero demandado.

#### ¶ Quinta quistion.

¶ Uno compra ropa de la tierra en triple propozion de tal suerte q' multiplicado el triple por el quarto del triple que son las piezas de ropa que compra lo producido sera 4. 3. p'os temando que piezas de ropa compra.

#### ¶ Regla.

¶ Digo que compra una cosa de piezas de ropa por tres cosas de do que es en triple propozion de ropa multiplica un quarto de cada de pieza de ropa por 3. aca de p'os es  $\frac{1}{4}$  de censo y gualda a 4. 3. p'os que es numero parte numero por cifo que es 4. 3. p'os  $\frac{1}{4}$  el aduenimiento es 6. 4. rā y 3 de los quales son las piezas de ropa q'

so en Bolonia en 1566; el *Cursus quattuor mathematicarum artium* de Pedro Ciruelo, publicado en Alcalá en 1516; los *Rudimenta mathematica* de Sebastián Munster, impresos en Basilea en 1551; el *Liber de geometria practica*, el *Rectarum in circuli quadrante* y el *De Rebus mathematicis* del francés Oronce Finé, surgidos de las prensas de Estrasburgo en 1544 y de las parisinas en 1542 y 1556, respectivamente. Hallamos, además, la *Preclarissimum opus elementorum Euclidis megarensis*, comentada por Campano de Novara y editada en Venecia en 1492; la *Prospettiva di Euclides* de Ignacio Danti, impresa en Florencia en 1573; las *Quaesitorum et responsorum mathematicae disciplinae* de Francesco Bordini, publicadas en Bolonia en 1573; los *Euclidis Elementa geometrica*, comentados e impresos por François de Foiz en París en 1578; el *Circuli quadraturam* de Jacobo Falco, publicado en Valencia en 1587; la *Arithmetica Boetii*, impresa por Erhard Ratdolt en Augsburgo en 1488; las *Speculationum mathematicarum et fisicarum* de Battista Benedetti, publicadas en Venecia en 1586; el *Euclidis Elementorum* de Cristóbal Clavio, editado en Roma en 1574, y la *Arithmetica practicae* de Gemma Frisio, impresa en Basilea en 1540.

De lo anterior se desprende que la cantidad de obras matemáticas llegadas a México antes del siglo XVII fue considerable, y entre ellas destaca el texto de Euclides, del que hubo en la Nueva España diversas ediciones y comentarios, escritos tanto en latín como en español. Ello no debe extrañar, ya que fue obra muy estudiada a partir de su redescubrimiento por los europeos, que comenzaron a editarla a fines del siglo XV. Durante el XVI y el XVII tuvo gran demanda, pues el lenguaje geométrico era el mayormente utilizado en el terreno de las ciencias exactas.

#### Los matemáticos novohispanos del siglo XVI

Esos textos, que en la mayoría de los casos no pueden considerarse obras elementales para el aprendizaje matemático, debieron ser requeridas por lectores con cierto grado de preparación en la materia.

A ellos es quienes llamaremos matemáticos, sin que tal designación implique que estuvieron activos en el campo de la investigación. Pocos son los datos disponibles sobre esos personajes; sin embargo, sirven para mostrar que en la Nueva España hubo interés temprano y genuino por esta disciplina, más allá del meramente utilitario de las operaciones comerciales cotidianas.

En 1557 llegó a México el fraile agustino Martín de Rada, cosmógrafo real. Este personaje estudió latín, griego, filosofía y matemáticas en París, y posteriormente teología en Salamanca. El célebre fray Alonso de la Veracruz dijo de él que era “eminentísimo en matemáticas y astronomía, que pareciera cosa monstruosa”, mientras que otro de sus correligionarios afirmó que era “hombre el más insigne en la astronomía”. Juan Porres Osorio nació en México y estuvo avecindado por los años de 1570 en Ciudad Real, España. Era abogado, pero parece que tuvo suma afición a las matemáticas y especuló sobre geometría muy hábilmente. Pérez de Moya, en su *Tratado de matemáticas*, publicó los modos de dividir una circunferencia de círculo en más de 12 partes, según la resolución dada por Porres (*Geom.* lib. I, cap. XIV). También Bartolomé de la Hera imprimió unas tablas suyas de “latitudes y longitudes”, y escribió, aunque no parecen haberse publicado, las *Nuevas proposiciones geométricas*. Como el permiso para dar a la prensa el texto de Moya es de 1571, si el mexicano influyó sobre el peninsular, su manuscrito debió estar listo antes de ese año, pero desgraciadamente no hay datos para saber si lo produjo aquí o estando en España.

Entre los primeros 15 jesuitas que llegaron a México en 1572 estaba el estudiante Juan Sánchez Baquero, quien se ordenó en nuestra ciudad capital en 1573, y pronto desarrolló una intensa labor educativa. Su preparación técnica y científica hizo que las autoridades lo consultaran con frecuencia, e incluso llegó a ser asesor de la obra del desagüe de la laguna de México. De él se ha dicho que “no había quien lo igualase en matemáticas”. Y en 1583 se publicaron en la ciudad de México los *Diálogos Militares* de Diego García de Palacio, obra técnica que dedica parte de su sección de artillería a discutir el alcance máximo



de los proyectiles, recurriendo el autor a la geometría para explicar el tema.

Enrico Martínez fue un ingeniero hamburgués que llegó a la capital novohispana en 1589, ostentando el título de cosmógrafo real. En su juventud estudió matemáticas en París, por lo que debió tener una amplia visión sobre lo que en ese campo estaba ocurriendo en Europa. Su obra conocida trata más bien de astronomía,<sup>6</sup> sin embargo como cosmógrafo tuvo la obligación de enseñar matemáticas, siguiendo un programa bien definido, según el cual debería explicar las “cuatro reglas de aritmética, raíz cuadrada y cúbica y reglas de quebrados, los seis primeros libros de Euclides y luego arcos, senos rectos, tangentes y secantes y los triángulos esferales de Juan de Monterregio”.

## El siglo XVII

**A**l iniciar esa centuria hubo diversos personajes que desarrollaron sus actividades científicas en la Nueva España. Pedro Paz publicó el texto *Arte para aprender todo el menor de arithmetica*, surgido de las prensas de la capital novohispana en 1623. Este libro elemental intentaba enseñar en forma autodidacta las operaciones aritméticas básicas, así como el uso de las fracciones, pero es relevante hacer notar que su autor afirmó que publicaría una obra de álgebra, sin embargo, hasta donde se sabe, dicho texto no vio la luz.

En 1637 se estableció en la Real y Pontificia Universidad de México la cátedra de astronomía\* y matemáticas, cuyo fundador y primer profesor fue fray Diego Rodríguez. Aunque la aritmética elemental se enseñó en los colegios novohispanos desde el siglo XVI, la creación de esta cátedra dentro de la estructura universitaria fue sin duda el primer intento de institucionalizar el estudio de las matemáticas en nuestro país. Si bien no parece haber existido un programa definido para esta asignatura, como

nuestra Universidad siguió los lineamientos establecidos para la de Salamanca, en España, el contenido de sus programas debió ser similar, por lo que el profesor tendría la obligación de explicar los “seis libros de Euclides y la perspectiva del mismo y la arithmetica, hasta las raizes cuadradas y cubicas; los tres libros de *Triangulis sphereis* de Theodosio y el de *Triangulis rectilineis y sphereis* por Christophoro Clavio”.<sup>7</sup> Como puede apreciarse en este programa, la matemática superior enseñada en las primeras décadas del siglo XVII en España, y con alta probabilidad en su colonia mexicana, se reducía a la aritmética, la geometría y principios de trigonometría. Sin embargo, para el caso mexicano debieron explicarse también otros temas, ya que Diego Rodríguez produjo obras que aun cuando quedaron manuscritas, muestran que tuvo una cultura matemática de mayor amplitud. Se sabe que al mediar ese siglo escribió *De los logaritmos y aritmetica*, texto formado por tablas logarítmicas;<sup>8</sup> el *Tractatus proemilium mathematices y de geometria*, que estudia temas relativos a los triángulos y explica el método de Tartaglia para dividirlos, así como el *Tratado de las equaciones. Fabrica y uso de la tabla algebraica discursiva*, que analiza el uso de ecuaciones.

Contemporáneo de Rodríguez fue el constructor de conventos fray Andrés de San Miguel, quien dejó una extensa obra manuscrita sobre arquitectura, astronomía, hidráulica, ingeniería y matemáticas, producida entre 1631 y 1644.<sup>9</sup> De aritmética escribió acerca de las operaciones básicas, pero sin usar todavía la notación + y - para la suma y la resta; mencionó superficialmente las fracciones, pero incluyó una tabla con los cuadrados y las raíces de los números enteros comprendidos entre el 2 y el 630. Trató la geometría con mayor amplitud, dando definiciones de cantidades como el punto, la línea, la superficie, el volumen, el ángulo y las paralelas, todo ello basado en Euclides, y explicó cómo trazar ángulos, dividir una recta en partes iguales, medir superficies regulares, así como la construcción de diferentes sólidos. Por esa época apareció el texto *Arte menor de arismetica*, de Atanasio Reaton, impreso en la ciudad de México en 1649, quien afirmó haber escrito otro llamado *Contador general de arismetica y geometria*,

\* En realidad el nombre era astrología, pues en esa época la astronomía aún no se separaba completamente de su bagaje astrológico.



que trató de imprimir en España, pero ante las dificultades que encontró y por la necesidad que nuestro país tenía de un libro elemental de aritmética, publicó el *Arte menor*.

En 1655, el Tribunal de la Inquisición de la ciudad de México procesó a Melchor Pérez de Soto bajo la acusación de tener libros prohibidos. Con ese motivo se hizo un inventario de su biblioteca, formada por más de 1500 títulos, entre los que se contaban 548 que han sido catalogados como textos científicos. De éstos, 93 eran obras matemáticas de autores como Euclides, Apolonio, Pacioli y Tartaglia, 37 eran de aritmética, 34 de geometría, uno de trigonometría, tres de álgebra y 18 de temas mezclados. Una biblioteca como esa no se formó en un día, así que la presencia de dichos textos muestra el interés que por las matemáticas hubo en la Nueva España al mediar el siglo XVII. Años después de ese lamentable suceso apareció publicado otro libro matemático llamado *Breve aritmética militar*, escrito por Benito Fernández Belo e impreso en la capital novohispana en 1675, que pudo ser un manual castrense, pero nada se sabe sobre esa obra, así que no debió tener gran demanda. En forma también imprecisa se tienen noticias de que, en 1682, Martín de Echegaray había escrito el *Arte nueva de contar quebrados, con otras reglas mayores*, que por su título pudo haber tratado temas algebraicos. Esta obra no parece haber sido impresa.

Entre 1672 y 1693 fue catedrático de astronomía y matemáticas de la Universidad Carlos de Sigüenza y Góngora, quien tuvo una actitud de modernidad respecto al conocimiento científico. De él nos ha llegado su obra *Libra astronómica y filosófica*, en la que arguye contra la interpretación astrológica de los cometas. En su argumentación cita textos matemáticos como los *Elementos* de Euclides, el *Curso matemático* de Caramuel y la *Esfera celeste* de Zaragoza, así como la *Trigonometría* de Pitiscus. La *Libra* muestra que Sigüenza manejó con soltura la geometría y la trigonometría, pues en los cálculos que ahí presenta las usa de manera natural.

Concluiremos este recuento de la matemática novohispana de la decimoséptima centuria, mencionando al poblano Cristóbal de Guadalajara, quien en 1697 fue visitado por el viajero italiano Giovanni Gemelli Carreri,

quien en su *Giro del mondo*, publicado en Nápoles entre 1699 y 1700, dice que era “buen matemático y sacerdote muy instruido que me mostró muchas curiosidades, especialmente de matemáticas”. Otras fuentes informan que ese angelopolitano fue hábil geógrafo y cartógrafo, y dada su preparación se le encomendó evaluar los trabajos técnicos escritos por sus contemporáneos.

### El siglo de las luces

Comenzaremos este periodo mencionando un trabajo evaluado por Guadalajara, que a pesar de su juicio favorable quedó en manuscrito. Se trata de la *Geometría práctica y mecánica* de José Sáens de Escobar, la cual ya estaba terminada en 1706, año en que don Cristóbal la analizó y recomendó. Aunque fue escrita para facilitar las labores de agrimensura, contiene temas geométricos tratados con detalle, como el cálculo de áreas y las propiedades de triángulos, círculos y polígonos. Poco después se produjo otro documento de tema matemático que también quedó manuscrito, en esa ocasión se trató de los *Apuntes de aritmética*, redactados por Pedro Antonio Vázquez y fechados en 1715, en los cuales trata las operaciones entre quebrados, las razones y proporciones y la aplicación de la regla de tres simple y compuesta. Seguramente trabajos como esos se produjeron más, tanto en la capital como en provincia, pues debieron ser usados en la enseñanza de los tópicos matemáticos que se explicaban en los colegios. Si no se les conoce es porque no llegaron a imprimirse, y tal fue el caso de los *Teoremas matemáticos* del clérigo poblano Lorenzo Cabrera, quien los escribió hacia 1746.

En 1754, Joaquín Velázquez de León, criollo que tuvo un relevante papel en el ámbito técnico-científico de la capital novohispana, fundó y presidió una Academia de Matemáticas en el Colegio de Todos Santos de esta ciudad. Se sabe que a ella “concurrían muchos estudiantes aplicados a instruirse en este género de estudios”, y aunque se ha señalado que ahí se inició el estudio moderno de las matemáticas en México, no se conoce el contenido de lo que se enseñó, pero sí se sabe que algunos criol-

*El primer texto de álgebra publicado en España y el Tratado sutilísimo de la aritmética de Juan de Ortega.*

llos, que posteriormente destacaron como técnicos y científicos en la Nueva España, asistieron a esas clases. Como ejemplo puede mencionarse a Antonio de León y Gama, quien sobresalió como astrónomo, tanto por los complejos cálculos que hizo, como por las observaciones que realizó. Es significativo señalar que su biblioteca, formada por 429 títulos, contenía al menos 34 textos matemáticos de diferente nivel, algunos de autores tan importantes como Maupertuis y Clairaut.

En 1765 la cátedra universitaria de astronomía y matemáticas fue ocupada por Velázquez, quien introdujo los estudios que antes dirigió en Todos Santos; desgraciadamente otras actividades lo alejaron rápidamente de la vida universitaria, impidiendo que fructificaran esos cambios. Entre 1766 y 1768 primero, y luego entre 1772 y 1773, se hizo cargo de ese curso José Ignacio Bartolache, quien también destacó en el campo de las ciencias exactas y naturales. Como consecuencia de su periodo inicial al frente de dicha cátedra, publicó en 1769 las *Lecciones matemáticas*, donde de manera amplia expuso parte de lo que enseñó en la Universidad. A pesar de su nombre, esa obra no es un curso de matemáticas, más bien es un texto epistemológico que habla del método matemático, definiendo su alcance y sus limitaciones. Bartolache justifica la importancia de su estudio, diciendo que puede usarse en cualquier ciencia y afirma que de él “sirvense los géometras para inquirir y enseñar metódicamente la verdad de definiciones, axiomas, postulados, teoremas, problemas, corolarios, escolios y lemas”, dando la definición precisa de cada uno de esos términos. A lo largo de 44 páginas discurre sobre el método en las ciencias, siguiendo para ello sobre todo a Descartes, y al principio de la obra indica que publicaría otros escritos matemáticos, dependiendo de la aceptación que tuvieran entre el público, lo que no sucedió, bien porque no hubo la respuesta esperada, o por los problemas que tuvo Bartolache con diversos personajes que impugnaron esa nueva forma de enseñar las matemáticas en la Universidad mexicana.<sup>10</sup> Las actitudes contra la modernización del saber matemático en esa institución, llevaron incluso a la expedición de una cédula real, fechada el 12 de junio de 1778, en la





# ARITHMETICA PRACTICA, Y SPECV-

latiua del Bachiller Iuan

Perez de Moya.



Agora nueuamente corregida, y añadidas  
por el mismo author muchas cosas, con  
otros dos libros, y vna Tabla muy copio-  
sa de las cosas mas notables de todo lo  
que en este libro se contiene.

Va dirigida al muy alto y muy poderoso  
señor don Carlos Principe  
de España nuestro  
señor.

Con licencia y priuilegio Real.

EN SALAMANCA.

Por Mathias Gál.

1562

Esta talleada a cinco blancas el pliego,

que se establecía que el objeto de esa cátedra era “distinto del de la de medicina y que lo que su catedrático debía saber y leer, era mathematicas”.<sup>11</sup>

Aunque Bartolache no logró renovar la enseñanza matemática en la Universidad, sí debió contribuir a que ese conocimiento se valorara en forma diferente, pues a partir de 1793 comenzaron a publicarse invitaciones para que el público asistiera a la defensa de temas matemáticos hechos por algunos cursantes que así se graduarían de bachilleres. La primera se convocó bajo el título de *Exercicios públicos de los elementos de álgebra y geometría*, que, “con el favor de Dios tendrá en la Real y Pontificia Universidad Don Manuel Otero”. Dos años después encontramos ocho más, pero publicadas en latín bajo el título general de *Exercitationes mathematicae*, y para 1797 hay dos y al siguiente siete, sólo que para entonces se les denomina *De Re Mathematica. Exercitationes*. Desgraciadamente en ninguno de estos casos se saben explícitamente los temas tratados y los problemas que se planteaban.

En 1785 León y Gama fue consultado por el editor de la *Gaceta de México* sobre un escrito anónimo en el que se pretendía haber resuelto el antiquísimo problema de la cuadratura del círculo, ocasión que aprovechó para producir una larga y erudita disertación sobre el tema, mostrando la imposibilidad de encontrar una solución exacta al asunto, que fue publicada en el mismo periódico,<sup>12</sup> en ella muestra sus amplios conocimientos sobre geometría, obligando a considerarlo como el personaje de la Ilustración novohispana que mayores conocimientos matemáticos tuvo, en tanto no se encuentre prueba diferente.

Al finalizar el siglo XVIII las matemáticas clásicas fueron materia frecuente de estudio en colegios superiores de la capital novohispana y de otras ciudades de provincia, haciéndose ello con mayor o menor profundidad y método. Benito Díaz de Gamarra, quien es considerado un personaje central del cambio de paradigma científico en el México Ilustrado, produjo los *Elementa recentioris philosophiae*, publicados en 1774 para uso de los estudiantes del Colegio Salesiano de San Miguel de Allende, y cuyo segundo volumen lo dedicó a estudiar la física, ya entendida en su acepción moderna. La presentación

La arithmetica practica, y speculativa de Pérez de Moya fue uno de los textos más usados en su género en el México de los siglos XVI y XVII.



de esa materia fue precedida por los *Elementorum geometriae*, que es un tratado de 50 páginas con ilustraciones, dividido en tres capítulos, el primero llamado De los Principios, que contiene las definiciones, postulados y axiomas; el segundo, Los Problemas y el tercero, Los Teoremas, tratan las propiedades de las rectas, las curvas y los volúmenes.

Poco antes de su destierro, el jesuita Diego José Abad, rector del Colegio de San Francisco Javier, que los de su orden tenían en Querétaro, “resolvió dedicarse más a fondo a las disciplinas matemáticas, pues ya antes había saboreado este erudito estudio”. Se sabe que escribió *El nudo más intrincado de la matemática, resuelto*, que parece haber sido publicado en Ferrara, Italia, y también redactó un *Compendio de álgebra*, el cual quedó en manuscrito. Otro jesuita que desarrolló una labor meritoria en la enseñanza matemática fue Francisco Javier Alegre, quien, siendo profesor del Colegio de San Ildefonso de la capital novohispana, organizó con los estudiantes graduados una “academia privada de bellas letras y también del erudito estudio de las matemáticas”. Posteriormente escribió el opúsculo *Elementos de geometría* y la obra *Secciones cónicas*.

En 1789, Diego Guadalajara Tello fue nombrado profesor de matemáticas en la Academia de Nobles Artes de San Carlos de la ciudad de México, donde introdujo aspectos de modernidad en esa disciplina y escribió un libro sobre dicha materia, pero está perdido y se desconoce incluso su nombre. Sin lugar a dudas hubo más profesores de matemáticas en las principales poblaciones del país, aunque en la mayoría de los casos no ha quedado constancia de su trabajo ni de su preparación, pero como muestra de su existencia puede citarse a Juan Bautista Blanes, quien fue “maestro de aritmética y álgebra en México”, y aunque publicó en 1784 unas *Tablas para resolver todos los problemas de trigonometría*, solamente sabemos de él que fue uno de los profesores que de manera individual atendían la enseñanza elemental de pequeños grupos de jóvenes.

Mención especial merece Agustín de Rotéa, de quien si damos crédito a las pocas noticias que nos han llegado, fue un matemático en el sentido que ahora se da a



Edición veneciana (1482) de la obra geométrica de Euclides. Prácticamente sin cambio alguno, su contenido ha sido enseñado por más de dos mil años.

esta palabra. Estudió matemáticas en forma autodidacta, “¡pero con que éxito!, baste decir que compuso un curso de geometría en el que, abandonando el método de Euclides, siguió un nuevo plano, con demostraciones más sencillas y más metódicas para resolver los problemas.”<sup>13</sup> Aunque se sabe que hizo grandes esfuerzos por publicarlo, no lo logró, habiéndose perdido el manuscrito ya en vida del autor, lo cual es una lástima, pues esta es la primera noticia que se tiene de un novohispano que desarrolló nuevas contribuciones matemáticas, precisamente cuando los europeos exploraban con rigurosidad las geometrías no euclidianas. Abundando sobre este individuo, Alzate asegura “que la parte geométrica incluida en el curso de filosofía del doctor Gamarra, la compuso D. Agustín de Rotéa, aunque no siguió el método de su invención, porque con esta condición se le encargó”.

#### Los primeros cursos modernos

A pesar de los loables esfuerzos de la mayoría de los personajes antes mencionados, habría de ser al finalizar el siglo XVIII, en el Real Seminario de Minería, institución laica donde se prepararon los ingenieros y técnicos mineros a partir de 1792, cuando se inició el estudio formal de las matemáticas con un plan de estudios bien definido. En el original elaborado en 1790 leemos que se enseñaría “el primer año las matemáticas

**ELEMENTORUM  
GEOMETRIAE,  
QUAE AD REM PHYSICAM  
PLURIMUM ADTINENT,  
EPITOME.**

Typis edita primùm Genævæ in gratiam Schola-  
ris Juventutis, ann. MDCCCLXVIII: recessa  
nunc pro his, qui *Physicæ nostræ* operam  
dabunt. Mexici MDCCCLXXIV.

**PRAEFATIO.**



UUM IN CONFESSO SIT APUD  
vires optimam ætatem cultura, sine  
Geometriæ cognitione via, est ne via  
quidem, hinc quidquam in *Physica* un-  
quam afferri possit, neque verò ad ceteras  
disciplinas, quæ ad Naturæ investiga-  
tionem Philosopho dignam spectabunt, ad-  
itum potest, nisi Geometriam plurimum mediocriter doc-  
tie.

Primera página de los Elementos de geometría escritos por Agustín de Rotéa, incorporados al texto de Gamarra Elementos de filosofía moderna.

puras, en que se comprenderá la aritmética, el álgebra, la geometría elemental, la trigonometría plana y las secciones cónicas”.<sup>14</sup> El texto que debería utilizarse para cubrir esos temas fue el de los *Principios de matemática* de Benito Bails, editado por la Real Academia de San Fernando, España, en 1779, del que fueron encargados cien ejemplares a la Madre Patria; sin embargo, como para 1793 no se tenían disponibles, las autoridades del Colegio acordaron utilizar los *Elementos de aritmética, álgebra y geometría* publicados en Madrid en 1782 por el presbítero Juan Justo García, profesor de matemáticas en la Universidad de Salamanca. El primer acto público donde los alumnos defendieron sus conocimientos se efectuó el 16 de diciembre de 1793, bajo la dirección del profesor de la asignatura, Andrés José Rodríguez. Así, por la mañana expusieron sobre aritmética, geometría elemental y trigonometría plana, y por la tarde tocó el turno a los estudiantes que se examinaban en álgebra, secciones cónicas y geometría práctica. En total participaron ocho alumnos.

En 1798 se modificó ese programa, suprimiendo la geometría práctica e incluyendo “principios de cálculo infinitesimal” como parte del segundo curso de matemáticas. Esta es, hasta donde sabemos, la primera noticia cierta sobre la introducción de esa parte del saber matemático en México, por lo que puede afirmarse que al concluir el siglo XVIII, en nuestro país se conocían las disciplinas matemáticas de la aritmética, la geometría, el álgebra, la trigonometría, la geometría analítica y el cálculo diferencial e integral.

En este trabajo se ha querido dejar constancia de personajes y obras que de manera más o menos clara tuvieron conexión directa con el conocimiento matemático durante la época colonial mexicana. No hemos mencionado a autores y textos que, usando esta ciencia como apoyo, trataron temas tan diversos como la astronomía, la náutica, la física, la ingeniería, la geodesia, la técnica, etc., ya que desde un principio nos propusimos hablar de matemáticas en el sentido más puro. Si se consideran las obras escritas en México sobre esas y otras disciplinas, el número de autores y de textos aumenta de manera considerable; sin embargo, no debemos dejarnos llevar por

**LECCIONES MATEMATICAS,  
QUE EN LA REAL UNIVERSIDAD  
DE MEXICO  
DICTABA D. Josef Ignacio Bartolache.  
PRIMER QUADERNO,  
DEDICADO  
AL ECELENTISIMO SEÑOR  
DON CARLOS FRANCISCO  
DE CROIX,  
Marqués de Croix, Cavallero del Orden de  
Calatrava, Comendador de Molinos i Laguna  
Rosa en la misma Orden, Teniente General de  
los Reales Ejercitos de S.M: Virrei, Goberna-  
dor, i Capitan Genl. de Nueva España, Presi-  
dente de la R. Audiencia de Mexico, &c &c.**

Impreso CON LAS LICENCIAS DE NUESTROS SEÑORES en la  
Imprenta de la Biblioteca Mexicana, puente del Exp. Sanio  
M DCC LXIX.

Las Lecciones matemáticas de Bartolache.



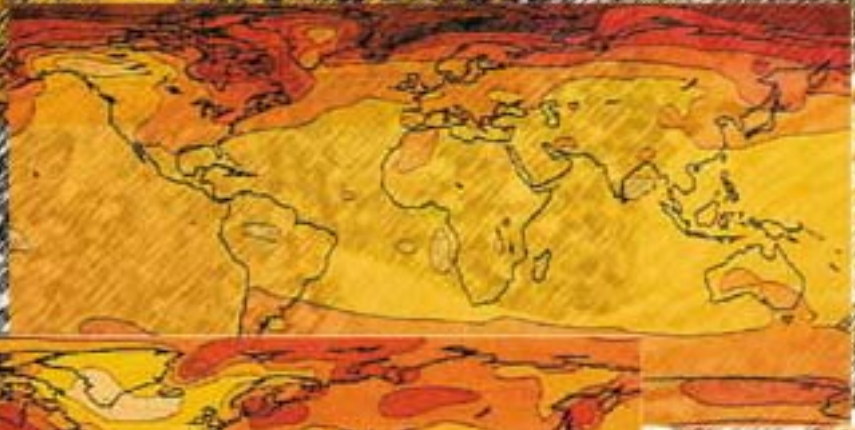
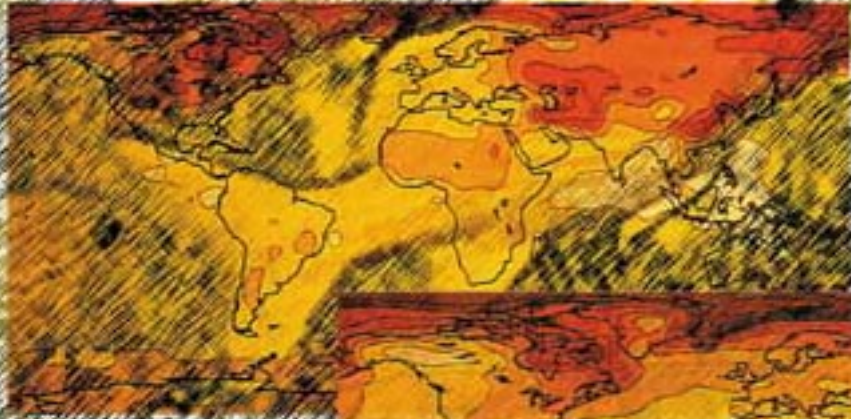


el entusiasmo, pues aún así son pocos los casos bien documentados que informan sobre el verdadero estado del conocimiento matemático en la Nueva España. Hasta ahora, la mayoría de los libros aquí mencionados no han sido analizados, por lo que es improcedente hacer un juicio sobre su valor como obra matemática. Para quienes estamos tratando de desentrañar nuestro pasado científico, resultará muy gratificante si lo que se ha presentado sirve para motivar a otros a escudriñar nuestros ricos archivos, con la intención específica de adelantar el estudio histórico de las matemáticas en México, llevándolo a la etapa en que pueda juzgarse objetivamente la profundidad y la productividad de nuestros predecesores. 🌐

## Referencias

- 1 Garcés Contreras, G. *Pensamiento matemático y astronómico en el México precolombino*, México, IPN, 1982, y E. Trabulse, "Matemáticos mexicanos del siglo XVIII", *Diálogos*, XVIII, núm. 4, 106, 1992, pp. 32-37.
- 2 Mathes, M. *Santa Cruz de Tlatelolco: la primera biblioteca académica de las Américas*, México, 1982, Secretaría de Relaciones Exteriores.
- 3 Smith, D. E. *The Sumario Compendioso of the Brother Juan Díez Freyle. The Earliest Mathematical Work of the New World*, Boston and London, 1921, Gin & Company.
- 4 Moreno Corral, M. A. "El arribo de la ciencia a la Nueva España", en *Ciencia y Desarrollo*, vol. XIX, núm. 112, México, 1993, pp. 72-77.
- 5 Moreno Corral, M. A. "Libros de matemáticas llegados a América durante los siglos XVI y XVII", *Mathesis*, 8, 1992, pp. 331-344.
- 6 Moreno Corral, M. A. "La astronomía en el México del siglo XVII", *Ciencias*, núm. 54, 1999, pp. 52-59.
- 7 Bustos Tovar, E. "La introducción de las teorías de Copérnico en la Universidad de Salamanca", *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, núm. 67, 1973, pp. 235-253.
- 8 Moreno, R. "Catálogo de los manuscritos científicos de la Biblioteca Nacional", *Boletín del Instituto de Investigaciones Bibliográficas*, núm. 1, 1969, pp. 61-103, México, enero-junio.
- 9 Báez Macías, E. *Obras de fray Andrés de San Miguel*, México, 1969, UNAM.
- 10 Moreno, R. "Las lecciones matemáticas del doctor Bartolache (1769)", *Anuario de Humanidades*, vol. II, México, 1974, Universidad Iberoamericana, pp. 221-272.
- 11 Izquierdo, J. J. *Montaña y los orígenes del movimiento social y científico de México*, México, 1955, Ediciones Ciencia.
- 12 Trabulse, E. *et al.*, *Historia de la ciencia en México*, México, 1983-1985, Conacyt/FCE.
- 13 Alzate, J. A. *Gacetas de literatura de México*, tomo I, Puebla, 1831.
- 14 Ramírez, S. *Datos para la historia del Colegio de Minería*, México, 1982, SEFI.







# Hidrología determinística

*Modelación, pronóstico y optimización*

DANIEL FRANCISCO CAMPOS ARANDA

## RESUMEN

Teniendo como objetivo principal dar una panorámica conceptual del campo de aplicación, de la importancia y las herramientas (modelos) de la hidrología determinística se inicia este artículo con una descripción o perspectiva de conjunto de las actividades fundamentales que incluye tal disciplina, las cuales son modelación, pronóstico y optimización. En seguida se tratan con detalle temas relacionados con los modelos hidrológicos, partiendo de los conceptos fundamentales, ciclo hidrológico y procesos y sistemas hidrológicos, y pasando por las definiciones y clasificación general de los modelos, hasta llegar a su selección y características deseables. Posteriormente se describen los tipos de pronósticos y se destacan las dificultades para su realización aproximada, así como su importancia, y por último se expone el proceso de la optimización, desde un enfoque de sistemas.



## SINOPSIS

La modelación, pronóstico y optimización de los sistemas hidrológicos son las actividades esenciales que se involucran en el estudio y diseño de los sistemas de recursos hidráulicos. La modelación de un sistema hidrológico implica seleccionar o desarrollar un modelo apropiado, así como la prueba (calibración y validación) de su operación. Cuando se ha adoptado un modelo, éste puede utilizarse para estudiar modificaciones posibles en los componentes estructurales de un sistema de recursos hidráulicos. Las variables de diseño o el número, la localización y el tipo de componentes pueden ser cambiados para evaluar el comportamiento del sistema (pronóstico), de manera que sea posible encontrar el óptimo.

La modelación de los sistemas hidrológicos comienza por encontrar respuestas objetivas a los efectos de la tormenta en la cuenca y llega hasta intentar evaluar los efectos de los cambios que serán introducidos en ella, en la cantidad, ocurrencia y calidad de su escurrimiento. En realidad los modelos hidrológicos son componentes de los modelos de sistemas de recursos hidráulicos, definidos éstos como cualquier sistema que implique el transporte, el almacenamiento y los cambios en las propiedades del agua (constituyentes disueltos o en suspensión, o temperatura). Las entradas a estos sistemas son incontroladas como la precipitación y la radiación solar, y controladas como las acciones y las obras; las salidas incluyen las características del agua en tiempo, espacio y calidad. Como existe una combinación infinita entre las variables de entrada y las de salida, debe escogerse algún criterio para buscar las entradas que maximicen u optimicen los beneficios de la sociedad que resulta afectada por el sistema.<sup>10</sup>

## MODELACION

### El ciclo hidrológico

Una definición práctica de la hidrología indica que es la ciencia que estudia los procesos que rigen el agotamiento y la recuperación de los recursos de agua en las áreas continentales de la tierra y en las diversas fases

del ciclo hidrológico. Por su parte, el ciclo hidrológico es un término descriptivo, aplicable a la circulación general del agua en la tierra y que comprende la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la atmósfera a la tierra y volver a la atmósfera, como condensación en nubes, precipitación, almacenamiento en el suelo o cuerpos (masas) de agua, evaporación desde éstos y escurrimiento.

El ciclo hidrológico implica un proceso de transporte recirculatorio y permanente, originado por la energía que proporciona el sol para la evaporación (elevación del agua), y la gravedad terrestre, que origina que el agua, una vez condensada, descienda como precipitación y escurrimiento. Las leyes de conservación de la masa, la energía y el momentum son los principios teóricos que rigen y permiten explicar el ciclo hidrológico.<sup>10</sup>

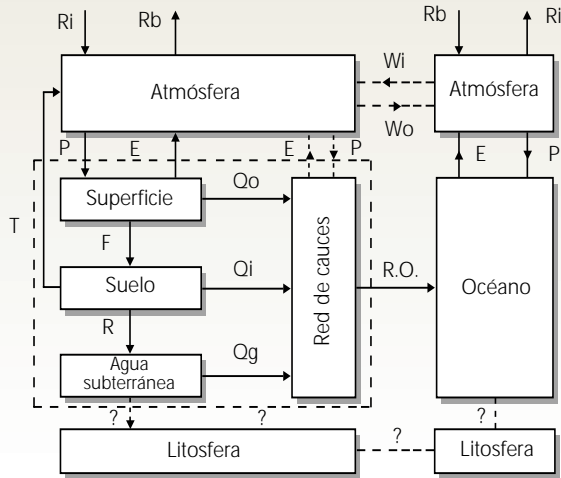
### Procesos y sistemas hidrológicos

Los procesos hidrológicos fundamentales que comprende el ciclo respectivo se pueden representar mediante un diagrama de bloques como el de la figura 1. Cada rectángulo ilustra fases del almacenamiento de agua y las flechas los procesos individuales responsables de las transferencias. En términos generales, la hidrología determinística está interesada únicamente en el funcionamiento de las cuencas como sistemas hidrológicos (área comprendida por la línea punteada en la figura 1), entendidos éstos como una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que actúan sobre ciertas variables de entrada para convertirlas en variables de salida. Una variable es toda característica cuantificable del sistema que cambia con el tiempo; en cambio, un parámetro es una magnitud cuantificable del sistema que permanece constante.

Aunque la operación de una cuenca es muy simple, como se ha ilustrado en la figura 1, ya que los almacenamientos y los procesos hidrológicos se consideran globales, es decir, sin tomar en cuenta su variación espacial, resulta aún muy compleja para ser modelada, pues en el registro de escurrimientos de una cuenca es imposible distinguir entre el flujo sobre el terreno ( $Q_o$ ), el interflujo ( $Q_i$ ) y el flujo del agua subterránea ( $Q_g$ ). Por lo tanto, el modelo hidrológico de una cuenca en general sólo distingue



**Figura 1**  
Ilustración del ciclo hidrológico según enfoque de sistemas<sup>6</sup>



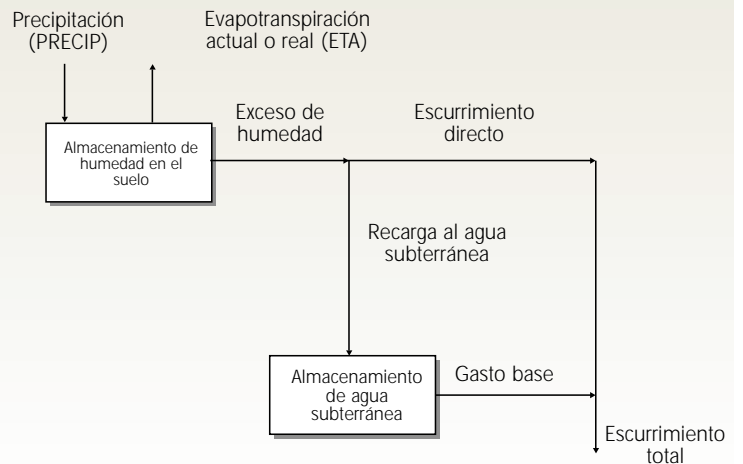
tres componentes: a) la respuesta directa a la tormenta que implica lluvia en exceso (la que no se infiltra) y su transformación en escorrentía superficial; b) la respuesta del agua subterránea que transforma la recarga (R) en gasto base (el que da origen a las corrientes perennes), y c) la respuesta de la zona no saturada del suelo que involucra evaporación (E) y transpiración (T) como procesos que regulan el contenido de humedad y la magnitud de la infiltración (F).

Todos los modelos hidrológicos del proceso lluvia-escorrentía de una cuenca tienen prácticamente dicha concepción, variando sólo en la complejidad y la manera en la cual los diversos componentes son simulados. Lo anterior se ilustra como un contexto general en la figura 2, y en la figura 3 de manera particular para la estructura conceptual del modelo de Crawford, uno de los más simples y con aplicaciones en México.<sup>3</sup>

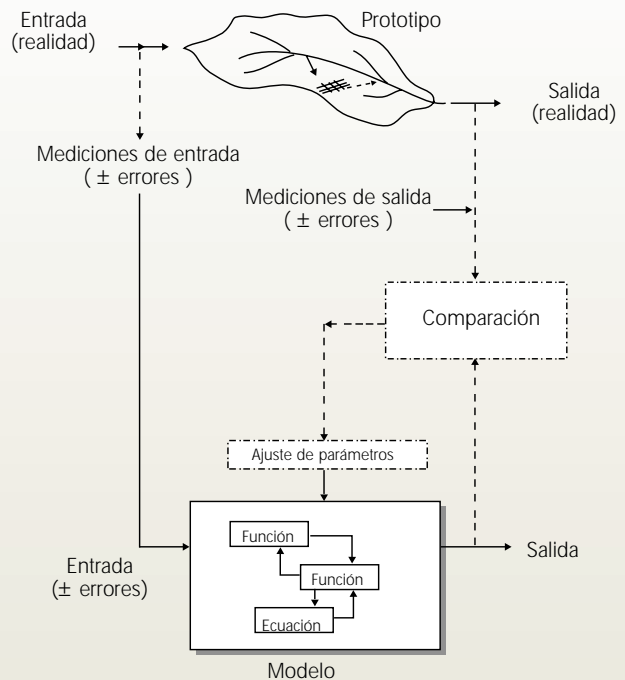
#### Definiciones sobre modelos

Un modelo es una representación abreviada o simplificada de sistema complejo,<sup>4</sup> o bien, la simulación de un prototipo.<sup>1</sup> El modelo hidrológico es la representación de un sistema de este tipo del cual existen tres: físicos, analógicos y matemáticos.<sup>1</sup> En el modelo matemático el comportamiento del sistema está representado por ecuaciones y declaraciones lógicas que expresan las relaciones entre variables y parámetros;<sup>4</sup> así, un modelo matemático es el sistema numérico que interrelaciona en un tiempo de referencia una muestra de entradas, la cual

**Figura 2**  
Esquema conceptual del modelo de Crawford<sup>3</sup>



**Figura 3**  
Ilustración del concepto de modelo matemático<sup>7</sup>



causa o estimula la materia, la energía o la información, y produce una muestra de salidas, efecto o respuesta en materia, energía o información.<sup>7</sup> El modelo hidrológico conceptual es la representación matemática simplificada de alguno o de todos los procesos del ciclo hidrológico, por medio de un conjunto de conceptos hidrológicos expresados en forma matemática y conectados entre ellos en tiempo y espacio, en forma tal que corresponden al

fenómeno natural. Existen dos enfoques conceptuales, el determinístico o de simulación del sistema, es decir, son modelos de estructura teórica, y el paramétrico, cuya base teórica es menos rigurosa y más simple; por lo común sus parámetros se obtienen por ajuste del modelo a determinados datos hidrológicos mediante una técnica de optimización.<sup>8</sup>

El modelo ideal es aquel que especifica completamente los procesos hidrológicos y sus propiedades, mismos que ocurren en todos los componentes relevantes de la cuenca. La especificación deberá estar dada en términos de parámetros físicos e involucrará todas las relaciones de comportamiento dentro de la cuenca. Obtenida tal especificación total, los efectos hidrológicos de un evento de lluvia en la cuenca podrán ser determinados de manera objetiva.

#### Clasificación de los modelos

Se han utilizado diferentes criterios para desarrollar sistemas de clasificación de los modelos, e incluso muchos de estos criterios reflejan un interés especial o una necesidad particular de sus autores. Por lo tanto, no se dispone de un criterio único de clasificación de los modelos matemáticos hidrológicos, pues los sistemas desarrollados son bastante diferentes en su enfoque general, pero similares en las particularidades o características a tomar en cuenta para diferenciar los subgrupos. Entre las clasificaciones más recientes se tienen las debidas a Clark,<sup>4</sup> Dooge,<sup>6</sup> Fleming,<sup>7</sup> Woolhiser y Brakensiek,<sup>10</sup> DeVries,<sup>5</sup> y Singh.<sup>9</sup>

En forma concisa se expone a continuación la sugerida por Dooge para los modelos hidrológicos y para los de sistemas de recursos hidráulicos, que puede considerarse general y práctica. Tal clasificación está basada en la naturaleza del objetivo a modelar, definiendo dos grupos: el primero incluye los modelos que simulan el comportamiento de una cuenca y el segundo los relativos al comportamiento hidráulico y económico de los sistemas de recursos hidráulicos complejos. La primera subdivisión del grupo 1 se basa en la conexión entre la entrada y la salida del modelo, esto es:

- 1.1. Modelos de caja negra. Relación simple y desconocida de causa-efecto.
- 1.2. Modelos de regresión. Correspondencia estadística.
- 1.3. Modelos conceptuales simples. Teoría física simplificada.
- 1.4. Modelos basados en las ecuaciones de la mecánica. Teoría física compleja.

La segunda subdivisión del grupo 1 es la siguiente:

- 1.A. Modelos lineales y no lineales.
- 1.B. Modelos invariantes y variantes en el tiempo.
- 1.C. Modelos globales y distribuidos.
- 1.D. Modelos de memoria corta o de memoria larga.

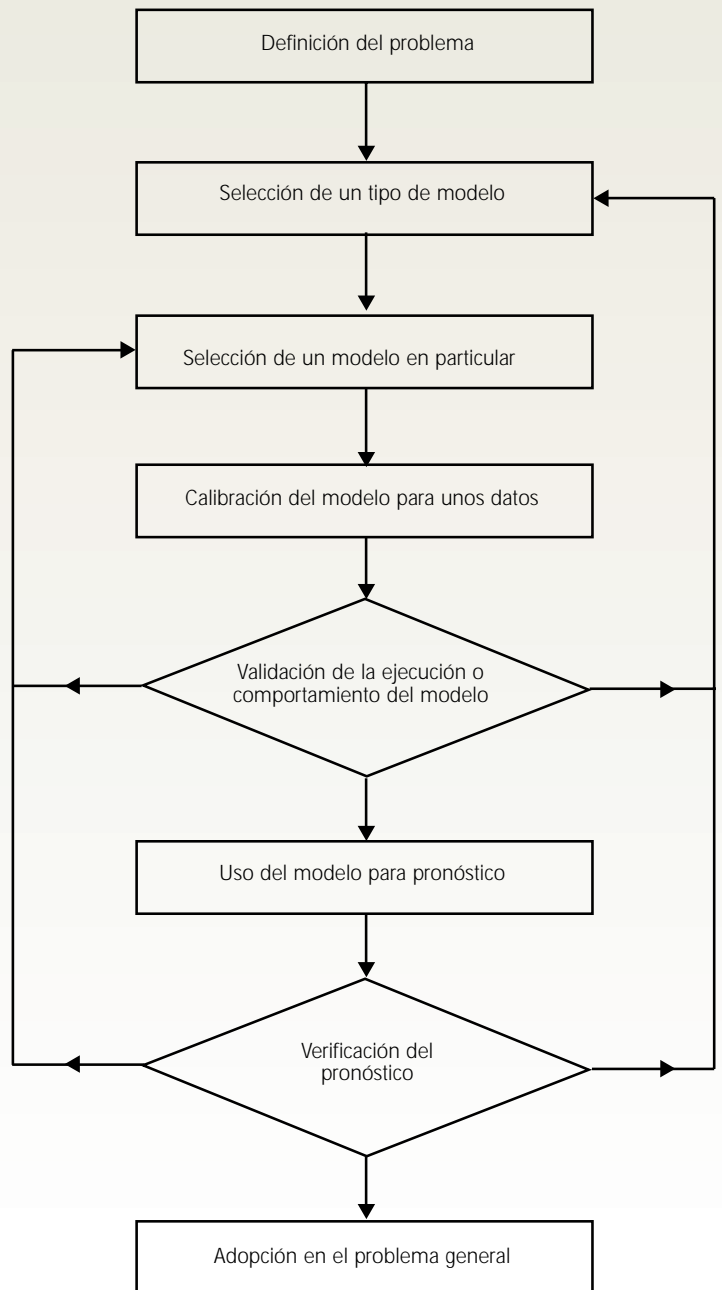
La linealidad en los modelos hidrológicos se entiende en el sentido de la teoría de sistemas y no en el sentido estadístico, entonces un modelo es lineal si cumple con el principio de superposición, esto es, mediante salidas  $y_1(t)$ ,  $y_2(t)$  correspondientes a entradas  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ ; la salida relativa a  $x_1(t) + x_2(t)$  será  $y_1(t) + y_2(t)$ . Por otra parte, cuando la forma y los parámetros no cambian con el tiempo el modelo es invariante, pero en caso contrario es variante. Un modelo global no toma en cuenta la variación espacial de la(s) variable(s) de entrada, ni de los parámetros que caracterizan los procesos físicos, y un modelo distribuido sí lo hace. La memoria de un sistema es el lapso en el cual una entrada todavía afecta su estado actual.<sup>8</sup>

Los modelos del segundo grupo se subdividen según la estructura misma del sistema, la naturaleza de los datos de entrada y la técnica empleada en la optimización de la función objetivo, de la manera siguiente:

- 2.1. Modelos de un solo embalse.
- 2.2. Modelos de varios embalses.
- 2.3. Modelos de sistemas complejos (embalses, bombeos y trasvases).
- 2.A. Modelos basados en datos determinísticos.
- 2.B. Modelos basados en datos estocásticos.
- 2.C. Modelos basados en datos de un solo sitio.
- 2.D. Modelos basados en datos de múltiples sitios.



**Figura 4**  
**Selección, calibración y uso de los modelos hidrológicos<sup>6</sup>**



- 2.a. Optimización por simulación.
- 2.b. Optimización con programación lineal.
- 2.c. Optimización con programación dinámica.
- 2.d. Optimización con algoritmos numéricos de búsqueda.

Selección y propiedades del modelo que se utilizará

En la figura 4 se muestra una secuencia racional para la selección, calibración, validación y uso del modelo matemático de una cuenca. Tal proceso involucra dos decisiones, una para definir el tipo de modelo a emplear y otra para aceptar los valores óptimos de sus parámetros. La selección del modelo está gobernada por los tres factores siguientes: 1). La naturaleza del sistema prototipo, pues en ocasiones se está interesado en cuantificar los elementos del ciclo hidrológico, principalmente el escurrimiento, mientras que en otras lo que importa es la calidad del agua y los factores ecológicos, y algunas veces el interés radica en una solución socioeconómica. 2). El objetivo del modelo, dado que cuando se simula el comportamiento de una cuenca se está interesado en los pronósticos, en cambio, cuando se simulan los sistemas de recursos hidráulicos lo que importa es definir acciones relacionadas con su diseño y control. 3). La naturaleza de los datos y respuestas, que tiene gran importancia cuando las salidas de un modelo se emplean como entradas para otro.

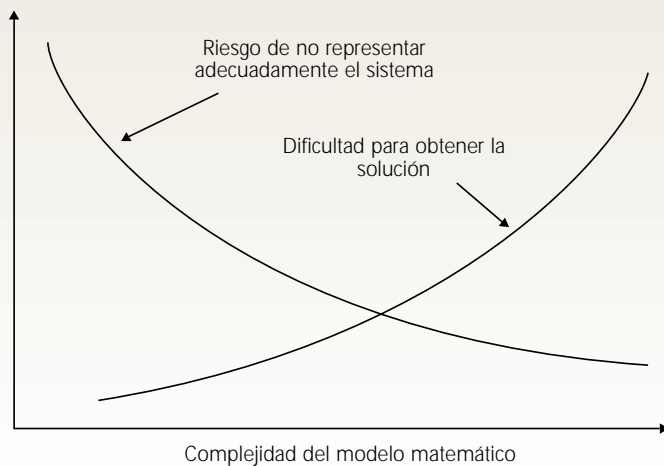
Con fines prácticos, durante el proceso de selección de un modelo deben contestarse las siguientes cinco preguntas:<sup>7</sup>

1. ¿Cuál modelo es mejor para resolver el problema planteado?
2. ¿Cuáles son los datos que requieren el problema y el modelo?
3. ¿Qué requerimientos de personal y cómputo son necesarios?
4. ¿Cuánto costará el uso del modelo?
5. ¿Qué exactitud tendrá el modelo al representar el mundo real?

Respecto a las propiedades deseables de un modelo, éstas se pueden concretar en las cuatro siguientes:<sup>10</sup>

1. Exactitud de sus pronósticos. Es deseable que los modelos bajo desarrollo y selección sean probados esta-

**Figura 5**  
**Efectos de la complejidad del modelo hidrológico<sup>8</sup>**



- disticamente, por ejemplo, buscando el mínimo sesgo y la menor varianza de los errores.
2. Simplicidad del modelo. Se refiere al número de parámetros de ajuste y a la facilidad con la cual el modelo puede ser explicado a clientes y organismos públicos.
  3. Consistencia en la estimación de sus parámetros. Si los valores óptimos de los parámetros son muy sensibles al periodo de registro utilizado, o si éstos varían ampliamente de una cuenca a otra e incluso en cuencas similares, el modelo no es confiable.
  4. Sensitividad de los resultados a cambios en los valores de los parámetros. Los modelos no deben ser extremadamente sensitivos a datos de entrada que resultan difíciles de medir.

En general, cuando se tiene una representación matemática altamente compleja del sistema en estudio, ya sea mediante un enfoque determinístico o paramétrico, el riesgo de no representar de manera adecuada el sistema se minimiza, pero la dificultad de encontrar la solución se maximiza, debido a la gran cantidad de datos necesarios y a la mayor dificultad en el manejo matemático y computacional. Por el contrario, una gran simplificación matemática del modelo, implica un alto riesgo de no representar adecuadamente el sistema, pero el logro de la solución es sencillo.<sup>8</sup> Lo anterior se ilustra en la figura 5.

#### Modelos hidrológicos disponibles

Woolhiser y Brakensiek<sup>10</sup> describen los variados modelos disponibles para encontrar soluciones a problemas en cuencas rurales pequeñas; Overton y Meadows<sup>8</sup> lo hacen para las cuencas urbanas, y Clark<sup>4</sup> deta-

lla y aplica los de carácter matemático. Fleming,<sup>7</sup> De Vries,<sup>5</sup> y Singh,<sup>9</sup> exponen las particularidades de los modelos más aceptados para resolver problemas de cuantificación, evolución y manejo de los recursos hídricos, así como de transporte de contaminantes tanto en cuencas como en sistemas complejos.

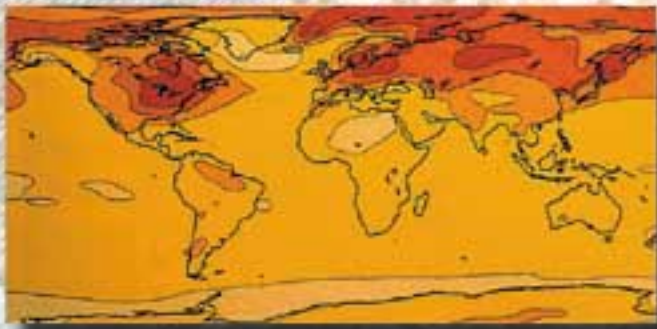
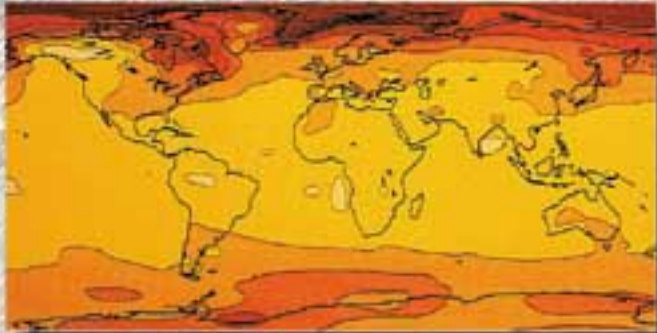
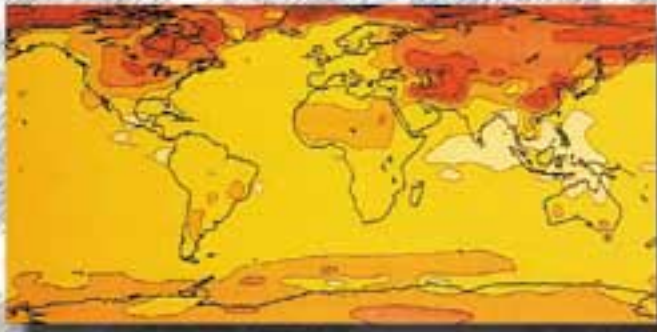
#### PRONOSTICO

En un sentido específico la hidrología superficial estudia los procesos hidrológicos que se producen en la fase terrestre del ciclo correspondiente; por lo tanto, intenta establecer las leyes que rigen la existencia de ríos y lagos, su llenado a partir de la precipitación, el escurrimiento y la descarga del agua subterránea y su vaciado por la evaporación e infiltración o las extracciones, en las diferentes circunstancias de clima, relieve, vegetación y suelos.<sup>2</sup>

La complejidad de los procesos hidrológicos y la escasez de mediciones meteorológicas e hidrométricas exactas en los puntos de interés son las dos razones principales por las cuales la hidrología superficial ha alcanzado recientemente su desarrollo, apoyado por la disponibilidad computacional. Tales razones también explican el porqué los fenómenos hidrológicos aún no pueden ser pronosticados con exactitud.<sup>2</sup>

En hidrología superficial es común hacer una clara diferencia entre pronóstico y predicción, de manera que con el nombre de "pronóstico de crecientes o de volúmenes escurridos", se entiende la estimación de la magnitud y el tiempo de ocurrencia de un evento de avenida o de determinada aportación. En cambio, los términos "predicción de crecientes o del volumen escurrido" se refieren a la estimación asociada con determinada probabilidad de excedencia. En general, el problema de las predicciones se resuelve con las técnicas de la hidrología probabilística, por ejemplo, de acuerdo con el ajuste de la distribución de probabilidades en los gastos máximos anuales, o en los volúmenes escurridos mensuales o anuales, según el caso estudiado. Por el contrario, se recomienda realizar el pronóstico por medio de modelos matemáticos conceptua-









les, herramientas fundamentales de la hidrología determinística, cuyas características generales han sido descritas.

De manera más exacta, el pronóstico hidrológico es una estimación antecedente del estado futuro de un proceso o fenómeno hidrológico. La necesidad de los pronósticos se incrementa con la expansión económica y el empleo de los recursos hídricos. Los pronósticos hidrológicos son realizados para propósitos diversos, variando desde aquéllos relacionados con eventos que ocurren a corto plazo, como las crecientes, hasta las expectativas estacionales del potencial de escurrimiento para abastecimiento de agua potable, riego o generación de energía hidroeléctrica. Por su parte, las técnicas disponibles para realizar los pronósticos varían desde las fórmulas empíricas o las regresiones hasta los modelos matemáticos complejos que intentan representar las fases relevantes del balance hídrico en la cuenca.<sup>2</sup>

En particular, los pronósticos sobre las crecientes son de importancia enorme en la operación de embalses medianos y grandes. Los pronósticos de niveles máximos en zonas propensas a inundaciones permiten tomar medidas relativas al reforzamiento de diques y terraplenes, fortificación de ciudades, protección de puentes, e incluso evacuación de la población y sus pertenencias, el ganado por ejemplo, de la zona de inundación. El pronóstico de la creciente que entrará a un embalse, o del nivel máximo que generará en un punto de un río, es función del hidrograma de la creciente o gráfica de gastos ( $y$ ) contra tiempos ( $x$ ), mismo que puede ser estimado por medio de modelos matemáticos.<sup>2</sup>

## OPTIMIZACION

Desde finales de los años sesenta el concepto de “sistema” ha sido parte de los análisis hidrológicos y en general implica los tres pasos siguientes.<sup>10</sup>

1. El entendimiento del sistema, lo cual implica su descripción detallada para comprender el funcionamiento, la selección de sus aspectos relevantes y, por último,



su modelo o representación matemática. Este es, de hecho, el paso más importante, ya que si un modelo describe un sistema de manera incompleta o distorsionada, las decisiones que se tomen basándose en sus resultados serán incorrectas.

2. La selección de una función-objetivo es también muy importante, pues aun cuando el sistema esté correctamente representado por su modelo y se utilice una técnica de optimización muy precisa, si la función-objetivo no es la más adecuada las decisiones que se tomen no serán las esenciales. En el estudio de los sistemas de recursos hidráulicos es común establecer la función-objetivo en términos económicos más que físicos, por ejem-

plo, al minimizar los daños debidos a las inundaciones o los costos de las obras necesarias para control de las crecientes.

3. La optimización del sistema, lo cual significa que el sistema es el mejor en cierto sentido, que definió la función-objetivo. Este paso comúnmente se realiza haciendo uso de un algoritmo matemático que minimice o maximice, según el caso, la función-objetivo sujeta a ciertas restricciones; lo anterior se efectúa en sistemas relativamente sencillos, o bien por medio de simulación del comportamiento del sistema y el estudio o análisis de los resultados de las diversas opciones planteadas en sistemas complejos.

## Referencias

- 1 Aparicio M., F. J. "Modelación hidrológica", *Ingeniería hidráulica en México*, número especial, octubre de 1994, pp. 54-61.
- 2 Campos A., D. F. "Modelo matemático determinístico para pronóstico de crecientes en cuencas rurales", *Ingeniería hidráulica en México*, vol. IX, núm. 1, enero-abril de 1994, pp. 43-62.
- 3 Campos A., D. F. "Adaptaciones al modelo de Crawford de estimación del volumen escurrido mensual (primera solución)", *Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua*, tema C-3, pp. 86-91, 21 a 25 de octubre de 1991, Comisión Nacional del Agua-International Water Resources Association-Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos, México, D. F.
- 4 Clark, R. T. *Mathematical Models in Hydrology*, chapter 1: "Definitions, Model Classification and Some Model Uses", FAO Irrigation and Drainage Paper Num. 19, Rome, Italy, 1973, pp. 1-18.
- 5 DeVries, J. J., and T. V. Hromadka. "Computer Models for Surface Water", chapter 21, pp. 21.1-21.39 in *Handbook of Hydrology*, editor in chief David R. Maidment, New York, USA, 1993, McGraw-Hill Inc.
- 6 Dooge, J. C. I. "General Report on Model Structure and Classification", pp. 1-21 in *Proceedings of Symposium on Logistics and Benefits of Using Mathematical Models of Hydrology and Water Resources Systems* (IIASA), edited by A. J. Askew, F. Greco and J. Kindler, 24-26 October 1978, Pisa, Italy, 1981, Pergamon Press Publication.
- 7 Fleming, G. *Deterministic Models in Hydrology*, chapter 1: "Introduction", pp. 1-7. FAO Irrigation and Drainage Paper Num. 32, Rome, Italy, 1979.
- 8 Overton, D. E., and M. E. Meadows. *Stormwater Modelling*, chapter 1: "Introduction and Modeling Concepts", New York, USA, 1976, Academic Press, pp. 3-15.
- 9 Singh, V. P. "Watershed Modeling", chapter 1, pp. 1-22 in *Computer Models of Watershed Hydrology*, edited by Vijay P. Singh, Highlands Ranch, CO., USA, 1995, Water Resources Publications.
- 10 Woolhiser, D. A., and D. L. Brakensiek. "Hydrologic Modeling of Small Watersheds", chapter 1, pp. 3-16, in *Hydrologic Modeling of Small Watersheds* edited by C. T. Haan, H. P. Johnson and D. L. Brakensiek, Monograph Num. 5 of the American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, USA., 1982.

JOSE DE LA HERRAN

## Brevísima suma tecnológica. Siglo XX



**E**l siglo XX es la centuria de la alta tecnología, y durante él, además de la variedad inmensa y novedosa de realizaciones –el automóvil, el avión, la radio, la televisión, la exploración espacial, etc.–, la complejidad de los ingenios, tanto en su concepción cuanto en su manufactura, se ha ido elevando hasta jerarquías nunca antes imaginadas, ni siquiera por los autores de novelas de ciencia ficción más audaces y fantasiosos de los cuarenta.

En este aspecto, recordemos por ejemplo las novelas norteamericanas de los años treinta con Bill Barnes o Doc Savage, en que el primero, principalmente en aviación, y el segundo, con sus amigos y compañeros de aventuras, Monk, Ham, Renny y Long Tom, nos asombraban con sus quijotescas andanzas para enderezar entuertos, en las que hacían gala de los más sofisticados alardes científicos. Pues bien, todos aquellos logros aeronáuticos y científicos palidecen ante las realidades en esos y otros muchos campos que, a fines de este siglo (porque aún estamos en el siglo XX), no sólo se producen sino que se ponen a nuestro servicio casi al momento.

Si regresamos a los cuarenta podemos contar con más de una docena de publicaciones mensuales sobre ciencia ficción (*Astounding Science Fiction*, *Galaxy*, *Amazing Stories*, entre otras), cuyas novelas pretendían agotar las posibilidades inventivas del ser humano, pero que se quedaron francamente cortas ante los logros obtenidos, sobre todo en la segunda mitad del siglo XX, logros que se superan a sí mismos con una rapidez a veces inimaginable.

Tomemos por ejemplo el automóvil, que en el primer cuarto de este siglo pasó, de ser un lujoso deporte para unos cuantos adinerados entusiastas, a convertirse en un vehículo de transporte terrestre de primera necesidad,

en especial para los países industrializados, en donde el propio vehículo es una de las causas de dicha industrialización, y lo mismo podemos decir del transporte aéreo, pero hasta el siguiente de siglo, porque debe recordarse que el proceso de desarrollo del automóvil había ocurrido en la última parte del XIX, en tanto que el primer prototipo operativo de avión surge apenas en diciembre de 1903.

Si consideramos el transporte marítimo, éste se desarrolla hasta su culminación antes de la segunda Guerra Mundial, cuando el conflicto armado detiene ese crecimiento que, de ahí en adelante declina, en mucho por el formidable desarrollo de la aviación civil. En efecto, los grandes buques de las compañías en competencia cruzan los mares con miles de pasajeros, y así tenemos a inmensos trasatlánticos como el *Queen Mary* inglés, y el *Normandie* francés, disputándose el Cordón Azul, presea que daba la primicia marítima al país poseedor de ella.

En cuanto a la radiocomunicación, ésta comienza con el siglo y se desarrolla de manera aparatosa durante la primera Guerra Mundial, de tal suerte que, en 1920, da comienzo la radiodifusión comercial en los Estados Unidos (con la KDKA de la Westinghouse) y en México la radiodifusión comienza oficialmente en 1923, con la estación cultural JH, paradójicamente de la Secretaría de Guerra y Marina.

En nuestro país, la radiodifusión comercial toma un formidable impulso con la inauguración en 1930 de la XEW (La voz de la América Latina desde México), estación radiodifusora que, para 1950, es ya la más potente de toda América, con transmisores diseñados y contruidos por mexicanos, mediante los que difunde por todo el mundo nuestra inconfundible música, así como la cali-



dad de nuestros excelentes compositores e interpretes.

La televisión adelanta con los experimentos efectuados para impulsar su desarrollo y los intentos de surgir profesionalmente; tal es el caso de Alemania con los juegos olímpicos de 1936. Para 1939, cuando los Estados Unidos se disponían a lanzarla oficialmente en gran escala, da comienzo la guerra en Europa y dicho lanzamiento se pospone hasta 1947.

Sin embargo, en México se habían hecho pruebas ya desde 1930 y se había patentado la televisión a color en los años cuarenta, para usos culturales y médicos, y en 1950 mediante los canales 2 y 4 comienza la televisión comercial.

En esta última etapa, se inicia una verdadera revolución en la ciencia electrónica con el invento del transistor. Esta ciencia se había desarrollado alrededor del bulbo al vacío que, entre los años de 1907 a 1920, se había llevado al perfeccionamiento en su manufactura y empleo, tanto como detector cuanto como amplificador y oscilador; sin embargo, debido a su tamaño, su corta vida y su gran disipación del calor, el bulbo no había permitido el desarrollo de circuitos de alta complejidad que ocuparan un espacio reducido.

El transistor, minúsculo desde su primera versión, mínimo en consumo de energía y con vida ilimitada, permite a los tecnólogos soñar con infinidad de aplicaciones. Sin embargo, éstas tienen que esperar aún cerca de 10 años para realizarse, tiempo que ellos y los científicos tardan en perfeccionarlo y en producirlo en grandes cantidades. Así, con el advenimiento del transistor en sus distintas modalidades, aquellos sueños se vuelven realidades y se inician campos innovadores, de los que un ejemplo de los más notables fue la puesta en órbita del primer satélite artificial, el Sputnik, en octubre de 1957.

Años antes, en 1945, surgió otro desarrollo tecnológico revolucionario, pero éste como producto de la segunda Guerra Mundial: la energía nuclear.

La energía encerrada en el núcleo del átomo de uranio se libera, primero, para fines bélicos, pero al poco tiempo de terminada la guerra, terminación de la que fue responsable, científicos y tecnólogos lograron aplicarla a

la producción de calor controlado que, a su vez, mediante el vapor que éste produce, hace girar los turbogeneradores que proporcionan el preciado fluido eléctrico. Francia la domina industrialmente y ya para los años ochenta es su principal fuente para la generación de energía eléctrica.

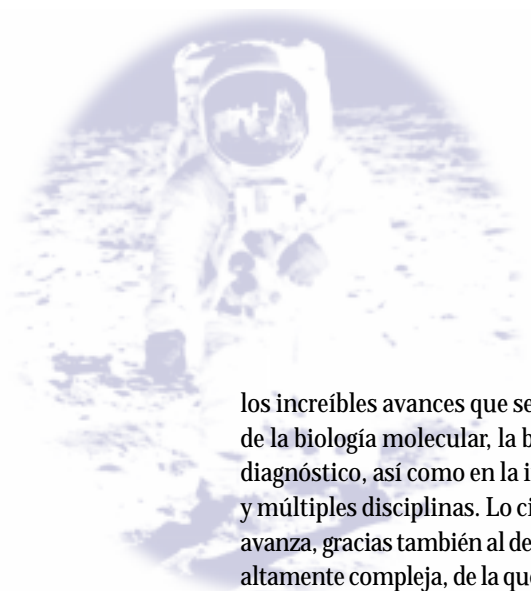
Por otra parte, la expansión y miniaturización del transistor continúa, y su empleo en computadoras hace a éstas cada vez más pequeñas y más poderosas; con ello, surgen aplicaciones que, como decíamos al principio, rebasan completamente lo imaginado como fantástico en las novelas de ciencia ficción de los treinta, años en que, dicho sea de paso, nace la radioastronomía.

La robótica se hace posible y prolifera en la industria automovilística, a tal punto, que se fabrican motores para coches en forma totalmente automática y sin la intervención del ser humano. Al poco tiempo aparece la computadora personal, que ha revolucionado al mundo y hasta el presente sigue y seguirá cambiando nuestra forma de vida.

Después de los viajes a la Luna y de la exploración del sistema solar que comenzó en 1969, ésta se expande hacia los confines del mismo, y con la puesta en órbita de telescopios que abarcan desde la luz visible hasta la infrarroja, la ultravioleta y los rayos X y gamma, la información se acumula hasta el extremo de que los científicos no se dan abasto para interpretarla; sin embargo, el conocimiento de nuestro entorno se incrementa miles de veces.

De manera simultánea el desarrollo de las comunicaciones satelitales florece con la puesta en órbita geosincrónica de cientos de satélites que retransmiten audio, video y datos a todos los lugares del planeta. Además surgen servicios inesperados para el ser humano común, como el sistema GPS que, mediante un aparatito del tamaño de un teléfono celular (otro logro del transistor), nos permite saber dónde estamos con una precisión de metros, en cualquier sitio del globo terráqueo. Otros servicios como Internet están en plena expansión y se multiplican de modo increíble, aprovechando otro gran invento, el de las fibras ópticas.

No tenemos espacio para detallar, entre tantos otros,



los increíbles avances que se han logrado en los campos de la biología molecular, la bioquímica, la medicina y el diagnóstico, así como en la investigación sobre genética y múltiples disciplinas. Lo cierto es que en todos ellos se avanza, gracias también al desarrollo de instrumentación altamente compleja, de la que el transistor, ahora microscópico y empacado por millones en los circuitos integrados, es el principal protagonista.

Debe mencionarse también que, a fines de este siglo, la humanidad por fin despierta y evalúa la responsabilidad que tiene respecto a la destrucción producida en su entorno, tanto en el reino mineral como en el vegetal y el animal. Afortunadamente, en los años setenta comienza una campaña universal para hacernos conscientes de la necesidad perentoria de detener ese proceso destructivo, cuya tendencia, de seguir así, pone en peligro la existencia del hombre.

¿Cómo podríamos resolver el problema ecológico en el futuro cercano? Creo que además del esfuerzo educativo que se lleva a cabo, una de las respuestas en cuanto al consumo de energía está en la fusión nuclear. Si se logra dominar esta fuente de energía, cuya fuerza destructiva conocemos por las bombas de hidrógeno, que afortunadamente sólo se han hecho explotar en pruebas científicas, el problema de la energía quedaría resuelto.

Es claro que si la sustancia para producir la fusión nuclear es el hidrógeno, que al convertirse en helio libera mucha más energía que la fisión del uranio, el mar, como fuente de aprovisionamiento de dicha sustancia nos resuelve el problema. En ello trabajan miles de científicos y tecnólogos de los principales laboratorios del mundo.

Este hecho viene a corroborar que la investigación científica, teórica y aplicada que apoye una infraestructura tecnológica profesional y de alto nivel es la única respuesta. Sólo así se logrará que esa investigación se materialice en resultados prácticos, camino fundamental que deben seguir los grupos humanos si entienden el problema y desean colaborar para resolverlo. En este sentido, el esfuerzo global se justifica plenamente. ●

## Noviembre

**E**n este mes, el cielo nos regalará con la espléndida oposición de los planetas gigantes del sistema solar, Júpiter y Saturno.

La oposición implica la mayor cercanía de ambos planetas a la Tierra y, por tanto, su máximo brillo aparente, así como su permanencia en el cielo durante toda la noche. En efecto, podremos verlos frente a la constelación Taurus, cuya estrella principal es Aldebarán, muy brillante y de color rojizo; los días 11 y 12 la Luna, Júpiter, Aldebarán y Saturno formarán un bello cuadro cerca del cenit y a media noche.

El día 14, Mercurio estará en su máxima elongación oeste, y esto quiere decir que podremos verlo en la mañana, 40 minutos antes de la salida del Sol.

El día 19 será la oposición de Saturno, distante de la Tierra “tan sólo” 1 215 millones de kilómetros, y el día 23, tocará a Júpiter estar en oposición a 605 millones de kilómetros de nuestro planeta.

No cabe duda que el espectáculo que ambos colosos del sistema solar nos brindan, nos hará meditar sobre la belleza de las noches de fin de año, así como sobre la inmensidad y los misterios que celosamente guarda el Universo.

## Diciembre

**E**l que las oposiciones de Júpiter y Saturno hayan ocurrido en noviembre, no quita que durante diciembre ambos planetas brillen durante todas las noches con gran esplendor, condición que se extenderá hasta los primeros meses del próximo milenio. No debe perderse la oportunidad de observarlos, ya sea a simple

No vayan a pensar nuestros lectores que se trata de un error; a partir de este número, la sección “Efemérides” aparecerá con los datos del bimestre en curso, dado que *Ciencia y Desarrollo* de varios números para acá ha subsanado el retraso que registraba en su aparición.



## Un paseo por los cielos de noviembre y diciembre del 2000

vista, ya sea con binoculares, o mejor aún con un telescopio, con el cual podrán verse las bandas en la atmósfera de Júpiter, sus cuatro lunas principales, y en Saturno, sus magníficos anillos suspendidos de la nada así como Titán, su mayor y misterioso satélite.

El día 7, ocurrirá en el hemisferio norte la puesta de Sol más temprana del año, y el día 21, será el solsticio de invierno, con la noche más larga (y el día más corto) del año en el hemisferio norte, en tanto que en el hemisferio sur la situación ocurrirá a la inversa.

El 25, además de ser Navidad, tendremos un eclipse parcial de Sol, apenas visible en la República Mexicana. En el norte de Canadá, el eclipse parcial alcanzará una magnitud de 0.8, esto es, que la Luna llegará a cubrir hasta un 80% del Sol.

### Lluvias de estrellas

**D**e las 12 lluvias de estrellas que ocurrirán en el bimestre, las que tienen mayor probabilidad de ser vistas, debido a la ausencia de la Luna, serán:

Las Leónidas del 17 de noviembre, despojos del cometa Tempel/Tuttle, cuya radiante se halla en la conste-

### COORDENADAS DE LOS PLANETAS DISTANTES (a noviembre 30)

	Ascensión recta	Declinación
URANO	21 horas 20' 16"	-16 grados 16' 47"
NEPTUNO	20 horas 26' 37"	-18 grados 59' 43"
PLUTON	16 horas 48' 34"	-12 grados 00' 03"

lación Leo y que entrarán a la atmósfera terrestre con gran rapidez (71 km/seg.), y que este año pueden formar una gran lluvia.

Las Ursidas del 22 de diciembre, de ingreso lento a la atmósfera (33 km/seg.), resultan de muy favorable observación, dado que ocurrirán con la Luna casi nueva, y es posible que este año tengan un buen máximo en número.

Y así termina un año más, que para unos fue el primero del tercer milenio y, para otros, el último año del segundo milenio.

Independientemente de las cuentas, a todos deseamos, ¡Muy feliz y próspero año nuevo 2001! 🌟

### Fases de la Luna

	Apogeo día/hora	Perigeo día/hora	Creciente día/hora	Llena día/hora	Menguante día/hora	Nueva día/hora
Noviembre	2/21 30/18	14/17	4/01	11/15	18/09	25/17
Diciembre	28/09	12/16	3/22	11/03	17/19	25/11

## Ciencia, prensa y vida cotidiana

*...sí hubiera sabido explicar en qué consiste que el chocolate dé espuma, mediante el movimiento del molinillo; por qué la llama hace figura cónica, y no de otro modo; por qué se enfría una taza de caldo u otro licor soplándola ni otras cosillas de éstas que traemos todos los días entre manos.*

*El periquillo sarniento*

“Chiquito como un ratón pero cuida la casa como un león. ¿Qué es?” “¡Ah, pus el candado!” Lo que no adivinan los niños ni tampoco los adultos es la forma en que los hombres, las personas hemos llegado a esta parte de la historia preocupados, verdaderamente muy preocupados, por protegernos de otros hombres, de otras tal vez personas. El temor por la seguridad y salvaguarda del equipo mortal de órganos, músculos y huesos de los individuos, y sus llamados seres queridos, y sobre todo la de aquellos bienes que tanto trabajo les ha costado obtener, ha conducido al ingenio de algunos de esos paranoicos desde hace cientos de años a concebir puertas, cerraduras, llaves, chapas, rejas, y más en nuestros días, las alarmas, los bastones, los códigos secretos y un sinfín de chucherías relacionadas con ese campo semántico y, sin remedio y en verdad, indispensables. A los productos de ese arte relacionado con el sometimiento del metal para levantar casas y edificios se le conoce en nuestros días como herrajes y, como todo, tienen su historia. En esta “Alaciencia”, y con el, sin duda,

noble fin que la anima en lo que se refiere al rescate de la prensa, presentamos algunos fragmentos de un artículo que el periódico de la *Escuela Nacional de Artes y Oficios* publicó por entregas en varios números correspondientes al año de 1879 sobre la historia de la cerrajería. Este trabajo está firmado por el arquitecto Francisco Husson quien, al parecer, lo dio a conocer durante la Exposición de 1878. Los editores de este periódico “dedicado a la instrucción de la clase obrera”, advertían su situación así como el carácter artístico de su quehacer en los siguientes atinados términos: “Tratamos por desgracia de trabajos que están nacientes entre nosotros: la industria se desarrolla con las necesidades y la práctica y lo más que podemos hacer es acoger con beneplácito todo lo que sirva para desarrollarla, dejando para más tarde perfeccionar cualquier aplicación, cualquier invento; lo mismo de la manera más precisa hemos tratado los asuntos que a nuestro juicio son de más interés. La parte artística es la base del gusto en una infinidad de industrias; sin éste, la obra mejor trabajada pierde todo su atractivo y aun su utilidad, y por esto hemos insistido en hacer palpable la importancia del dibujo, y por consiguiente del arte en la industria moderna.”





## La cerrajería

Por M. Francisco Husson, arquitecto.

### La cerrajería en la antigüedad.

¿Quién podría decir cuándo se construyó la primera casa o al menos el abrigo que mereciese este nombre? Es evidente que esa época, aunque no puede fijarse, no será la misma para el Norte y el Sur, para el Oriente y el Poniente. En las comarcas septentrionales, el clima frío, los inviernos rigurosos, hicieron que el hombre se creara más pronto un abrigo suficientemente cerrado y por lo tanto más o menos caliente; bajo el hermoso y clemente cielo de las afortunadas regiones del medio día, la tienda bastó para abrigar a sus habitantes.

Los pueblos primitivos, que como es sabido eran pastores o cazadores, llevaban una existencia errante. Sus costumbres nómadas exigían habitaciones móviles que pudieran transportar fácilmente cuando viajaban para llegar de llanura en llanura o de bosque en bosque a localidades más fértiles y productivas. En esos remotos tiem-

pos, ciertamente sólo la tienda, hecha con pieles de animales, servía de abrigo al hombre que habitaba los países calientes o al menos templados...

Cuando el hombre fabricó casas, templos para sus divinidades, y colocó en ellos sus objetos más preciosos, pensó seriamente en ser dueño de lo que formaba su fortuna. Entre los pueblos más antiguos que conocemos hoy casi completamente, gracias a las investigaciones admirables de algunos verdaderos sabios, es preciso señalar en primera línea a los egipcios, que estaban en plena civilización, mucho antes de los tiempos indicados por la tradición y los escritos sagrados... La posesión de los objetos considerados como preciosos trae consigo, como hemos dicho, la idea de asegurarlos, de encerrarlos para sustraerlos de la vista de las personas y colocarlos en un lugar seguro. Cuando la aglomeración de las casas llegó a ser considerable al grado de formar ciudades, se pensó en protegerse personalmente contra los ataques de los criminales. De estas diversas consideraciones nació la necesidad de encerrarse, y fue cuando verdaderamente aparecieron las primeras cerraduras de las casas y de los edificios.

En algunos monumentos de la más remota antigüedad que se llaman ciclópeos, a causa de su origen de los Cíclopes o Pelasgos, se ven algunas puertas cuyo claro está formado por tres trozos de piedras de los cuales dos son verticales y soportan el tercero colocado horizontalmente. El arte

imaginó pronto los arcos. En Egipto, país al que con frecuencia recurriremos a causa de la antigüedad de sus ruinas, las puertas aparecen revelando su grandioso estilo.

El modo de cubrir estas aberturas que llamaremos *vamos* fue generalmente con madera, en las casas particulares se componían sin duda de trabajos de carpintería gruesa: pero en los edificios públicos las puertas exteriores debían de ser de madera ensamblada y adornada de tableros con diversas figuras relacionadas más o menos con el destino del monumento. Así vemos que algunas puertas de los monumentos asirios están compuestas de maderas preciosas con inscripciones de plata, marfil y fierro.

Más tarde, no se empleó únicamente la madera en la construcción de las puertas, las hojas eran de metal, como las del templo de Júpiter en Olimpia, o cubiertas de placas de bronce como en el Panteón de Roma. Se ha descubierto en las ruinas de Herculano algunas hojas de puertas de mármol. Tan luego como apareció la puerta hubo necesidad de acompañarla del herraje. Parece evidente puesto que se han encontrado en el edificio circular, llamado tesoro de Atreo, en Micénes, clavos de bronce distribuidos en toda la altura y en toda la extensión de las paredes circulares, que las puertas de entrada y las que comunicaban con la cueva que está tallada en la roca, debían cerrar exactamente y con toda seguridad. El monumento de que hablamos existe todavía y fue construido 1000 ó 1500 años antes de Jesucristo.

El cerrajero existía pues en esos tiempos remotos, esto está fuera de duda y todas las épocas nos señalan su existencia. Así, estudiando la arquitectura griega la cual tuvo evidentemente por principio la cabaña, vemos que los círculos de metal que rodean las columnas primitivas, que eran simplemente troncos de árboles, dieron la idea de las molduras de la base y del capitel...

Antes de la invención de la cerradura, se usaban varios medios para impedir la entrada a otras personas que no fueran los dueños de la casa. Este medio, nos dice Millin, arqueólogo francés que murió en 1818, fue primero muy sencillo; consistía en amarrar la puerta con una cuerda y un nudo la detenía. Esta clase de cerradura, como se puede comprender, era poco seguro y muy primitivo; muy pron-

to se imaginó reemplazarlo por un travesaño o cerrojo de madera contenido por dos planchas de fierro; un pedazo del mismo metal de forma oval, fijo al cerrojo, servía para detenerlo contra la puerta. Este fierro estaba taladrado, y en el interior había una tuerca de tornillo en la que se adaptaba otra pieza de fierro cuya extremidad tenía una rosca y hacía veces de llave. Para abrir esta clase de cerradura, se atornillaba la pieza de fierro o llave en el fierro ovalado taladrado y se le sacaba. La puerta desprendida del cerrojo se abría: éste era el procedimiento usado para abrir cuando estaba uno en el interior de la casa y se quería salir. Para cerrar la puerta se volvía a poner el cerrojo y se metía en él la pieza de fierro taladrada oval; pero para poderla cerrar y abrir por afuera se pasaba la mano por un agujero practicado en la puerta y se metía la pieza en el cerrojo.

La cerradura y la llave de que hemos encontrado la descripción anterior, y que por desgracia no es muy clara, deben haber sido inventadas en una época muy atrasada, sin que la pudiéramos fijar. Sin embargo, este procedimiento existía antes de la toma de Troya, que según los mármoles de Paros tuvo lugar 1200 años antes de Jesucristo. El Génesis y Los Jueces hacen mención de esto. En este último libro, se ve que Aod, habiendo asesinado al rey Eglon, cerró con *llave* cuidadosamente las puertas de la pieza.

El arte del cerrajero, uno de los más útiles, por consiguiente más usado y más ingenioso de los que se conocen, hizo pronto grandes progresos. Vemos que los antiguos imaginaron otra clase de cerradura que llamaron *Lacedemonie*, probablemente por haber sido inventado en Lacedemonia. Esta cerradura se componía de un cerrojo de fierro que sin atravesar toda la puerta como el ya descrito, no se aplicaba sino del lado que se abría la puerta y en el interior de la habitación; se sustituyó a la gran abertura por donde se metía la mano, una pequeña hendidura hecha en la puerta en la que se introducía la llave perfeccionada al grado de tener muchos dientes, en lugar de ser cilíndrica como al principio. Más adelante, para hacer más completo el modo de cerrar, se puso la cerradura dentro de una caja de fierro, pero fue mucho más tarde cuando se vio esta clase de cajas.

El perfeccionamiento de las llaves y cerraduras fue



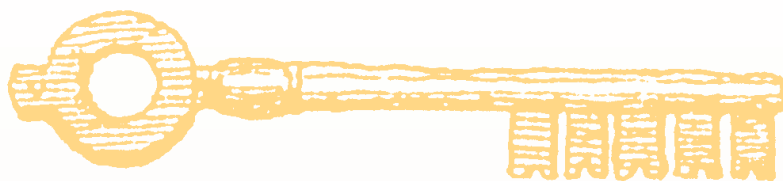


FIG. 1.



FIG. 2.

progresivo. Los antiguos tenían llaves parecidas a las modernas. A lo que parece, los griegos las tomaron de los egipcios que las usaban, no obstante que Eustato las atribuye a los lacedemonios.

Las llaves griegas eran sin disputa de bronce. En cuanto a los romanos, hacían de fierro las gruesas; según San Agustín, las más pequeñas eran de madera, fierro y aún de oro. Sin embargo, las que se han encontrado en las excavaciones de Pompeya, son en general de bronce. Una de estas, fig. 1, cuya descripción se encuentra en el diccionario de Rich, era de una puerta de entrada. Se compone de una barilla cilíndrica que es más gruesa en un cierto punto; en una de sus extremidades está un paletón muy largo con ocho partes divididas por otras tantas placas. El ojo de la llave es redondo como algunas de las nuestras, y está prolongada en una parte de forma de trapecio con un agujerito que sirve para pasar por él un cordón por medio del cual el portero se colgaba la llave en la cintura.

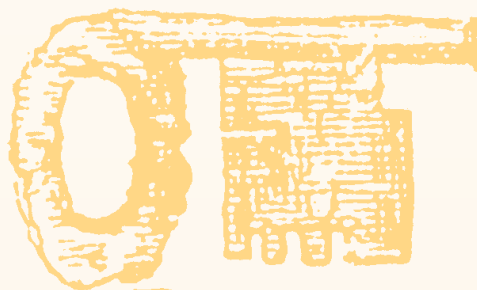


FIG. 3.

Otras llaves romanas llamadas *clavis lacónica*, fig. 2, están formadas de una varilla curva terminada en un extremo por un anillo y en el otro por dientes; otra clase de llave cuyo paletón tenía recortadas las guardas como las nuestras, tenía el ojo colocado al lado de la parte recta por estilo de las muletas, fig. 3, su uso es idéntico al de esta última pieza de la cerrajería moderna, solamente que no servía sino para el interior de la casa. En fin, había llaves de varilla muy corta, que se cargaban como anillos... Recordaremos más adelante algunas cerraduras y llaves que llegaron a ser en la época del Renacimiento verdaderos objetos de arte... ●

*A ver, ese mesoncito, decidaseme...*

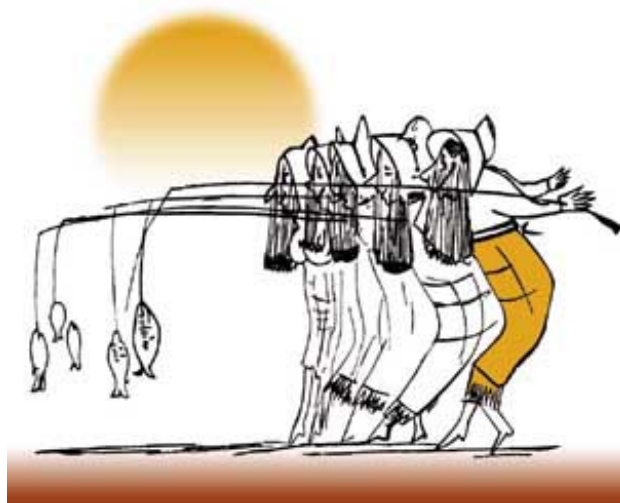
*Aflójame tantito los principios, por favor*

## Yo conservo, tu conservas

**L**a ley de la conservación de la energía ha estructurado todo el edificio de la física, prácticamente desde su nacimiento como ciencia formal e independiente, y ha sobrevivido a todas las revoluciones que se han dado en su seno: el electromagnetismo, la relatividad, la mecánica cuántica. De hecho, se trata de un principio anclado más en la filosofía que en la ciencia misma, según el cual nada se gana ni se pierde, simplemente se transforma.

Junto a la energía, otras propiedades de los objetos de la física han gozado desde hace mucho de sus propias leyes de conservación –la cantidad de movimiento, el momento angular, la carga eléctrica... A estos, ya clásicos principios, se ha ido añadiendo a lo largo del siglo, traída de la mano de la física atómica y molecular, una verdadera cohorte de nuevas características, a cual más rara, que reclaman enérgicas su propia conservación: el espín, el barión, la rareza (lo dicho), o la paridad. Y aquí, con la famosa paridad, la puerca cuántica torció el rabo. Resulta que, según esto, las partículas poseen una característica matemática determinada que las hace pares o impares, característica que debe heredarse, léase conservarse, en las partículas a las que dé lugar, al decaer o al interactuar con otras. La paridad se suma como la de los números enteros: dos impares dan un par. Un par y un impar dan un impar.

Pues bien, resulta que a mediados de siglo apareció una particulita, ambigua ella, el mesón K, que al desintegrarse daba lugar a veces a dos mesones  $\pi$  [pi] y a veces a tres. Como el mesón  $\pi$  es impar, la suma en algunas ocasiones era par y en otras impar, lo cual implica que la paridad del meson K variaba, un poco como el numeronón



del que le hablo en el *torito* de esta misma entrega. Pa' qué le cuento el sacón de onda (nunca mejor dicho) de los físicos de la época. Decidieron que existían dos mesones K, uno par al que llamaron  $\theta$  [teta] y otro non, al que llamaron  $\tau$  [tau]. Los mecánicos cuánticos crean cosas extrañísimas, que ni qué, pero esa historia de una misma partícula que no era la misma, de plano no se la creyeron ni ellos.

El caso es que en 1956, dos físicos chinos, Tsung dao Li y Chen ning Yang, propusieron que, en lugar de tales aberraciones teóricas, mejor se renunciara a la idea de la conservación de la paridad, al menos en las llamadas interacciones débiles, como la decadencia del mesón K. Por primera vez en siglos, la física abandonó uno de sus principios basales, el de la conservación, pero tal abandono fue acompañado de un suspiro de alivio.

Y es que los principios, no sólo en la ciencia, son como los corsés. Fijan y sostienen, pero a menudo impiden respirar. 🌀



Un torbellino llamado André-Marie

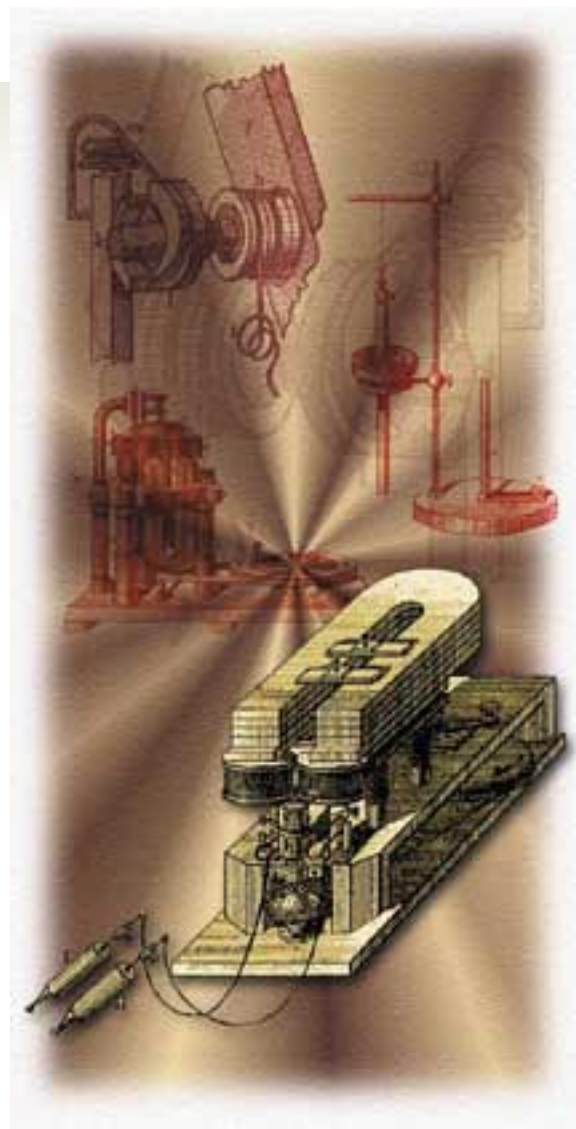
## La buhardilla de la rue des Cordeliers

A los nueve años era célebre en París por conocerse de memoria los once volúmenes de la Enciclopedia. A los 12 pedía en la biblioteca las obras de Euler y de Bernoulli, y a los 17 leyó la *Mecánica analítica* de Lagrange y sabía todas las matemáticas que pudieran saberse a fines del siglo XVIII; por lo tanto, buscó nuevos horizontes en la botánica y en la literatura. Fue un adorador de Rousseau, aprendió el latín, el griego y el italiano; escribió poemas y tragedias, y compuso charadas y canciones. Finalmente, el 10 de abril de 1796, a los veintiún años, se dio un respiro, el primero, y se enamoró de Julia Caron.

El respiro fue breve, el cortejo largo. Primero, porque a la Julia le gustaba hacerse del rogar, y segundo, porque a él eso de ganarse la vida no se le daba. Su futuro suegro consiguió dedicarlo al comercio durante un tiempo, pero fue un desastre. Afortunadamente, pues para poderse casar no le quedó más remedio que dedicarse a las matemáticas.

El lugar que ocupa dentro de la historia de la ciencia André-Marie Ampère es absolutamente deslumbrante. Esa ciencia que le debe, entre otras obras: *Consideraciones sobre la teoría matemática de los juegos*, *Aplicaciones del cálculo de variaciones a la mecánica*, *Investigaciones sobre algunos puntos de las funciones derivadas*, *Integración de las ecuaciones en derivadas parciales*, *Exposición metódica de los fenómenos electromagnéticos y de la ley de estos fenómenos*, y la *Teoría mecánica de los fenómenos electromagnéticos*. En sus ratos libres inventó el telégrafo y el electroimán y escribió, sin firmarlo, un tratado de zoología.

En la época en que se prendó de Julia, nuestro André-Marie alquiló con algunos compinches, una modesta habitación en el quinto piso de un viejo edificio de la calle des Cordeliers, y ahí se reunían cada día de las cuatro a las seis de la mañana. ¿Qué sucedía en estos insólitos y misteriosos cónclaves de madrugada? Supongo que los vecinos también deben habérselo preguntado, no sin una sombra de inquietud, pues eran los años turbulentos de



la revolución. No estoy seguro de que la verdad, cuando la supieron, los haya tranquilizado del todo. Ampère y sus amigos se reunían antes de ir a la escuela o al *boulot*, que así llaman a la chamba allá, nada menos que para leer juntos *La Química* de Lavoisier. A fuerzas, no podía dejar de ser algo alucinante.

El amor por la ciencia, como todos los amores, es bello, misterioso y desmesurado. Y, como todos los amores, algo tiene del delirio. En 1834, André-Marie Ampère, el torbellino, coronó su obra inconcebible con el *Ensayo sobre la filosofía de las ciencias*, y dos años después se dio su segundo y final respiro. Julia lo había precedido tiempo antes. ●

## A toro pasado (solución al torito del número 154)

### Como un rayito de sol

#### Nomás apúrense

**W**ig y Cut tienen que hacer alguna simplificación para que el *torito* resulte razonable. Que no sencillo, conste. Tal como el enunciado del problema lo sugiere, deberán considerar que son capaces de aceleraciones infinitas; es decir, que pueden cambiar de velocidad en forma instantánea, del estado de reposo, por ejemplo, al de 8 m/s, o bien, pueden modificar su dirección sin necesidad de dar curvitas.

Con lo anterior establecido, las cosas se simplifican y rápidamente llegaremos a la conclusión de que la trayectoria buscada será una línea quebrada, compuesta por dos segmentos de recta, pues toda trayectoria curva sería más larga que la cuerda a esa supuesta curva. El punto donde se unen los dos segmentos, es decir, donde la línea se debe quebrar, es obviamente el lugar donde la velocidad cambia, es decir, la frontera entre el pasto y la arena. De esta manera también nos daremos cuenta de que para minimizar el tiempo, el segmento recorrido sobre el césped debe ser más largo que sobre la arena, pues en ella la velocidad es menor. El resultado será una trayectoria del tipo que le muestro en la figura, y todo lo que tendremos que establecer es la distancia  $x$  que ubica el punto por el que deberán pasar Wig y Cut.

A estas alturas, perspicaz lector, ya andará sospechando, al igual que nuestros mujeriegos amigos, que si se trata de “minimizar” algo tendremos que pedir auxilio al cálculo infinitesimal. En efecto, si en un esfuerzo sobrehumano se remonta usted a su lejana prepa –ni tanto– recordará que una función alcanza un máximo o un mínimo en los puntos en que su derivada se hace cero. Así pues, si establecemos la ecuación del tiempo, estaremos del otro lado. Es un decir...

Sean pues  $v_p$  y  $v_a$  las velocidades sobre el pasto y sobre la arena, respectivamente, y sean  $d_p$ ,  $d_a$ ,  $t_p$  y  $t_a$  las distancias recorridas sobre pasto y arena y los tiempos trans-

curridos correspondientes. Así tendremos

$$v_p = d_p/t_p \text{ y } v_a = d_a/t_a$$

El tiempo total empleado será pues

$$T = t_p + t_a = d_p/v_p + d_a/v_a$$

Ahora sustituyamos lo que ya sabemos,  $v_p = 2v_a$ , y pongamos las distancias en función de  $x$ , mediante el infaltable teorema de Pitágoras (¿qué haríamos sin él?). También convirtamos los metros en hectómetros para no andar arrastrando el fardo de ceros (truco de gato viejo). Así, obtendremos

$$T = \frac{\sqrt{1+(1-x)^2}}{2v_a} + \frac{\sqrt{1+x^2}}{v_a}$$

Ahora, si derivamos e igualamos a 0 (vamos, no se acobarde; piense en Griselda), llegaremos a

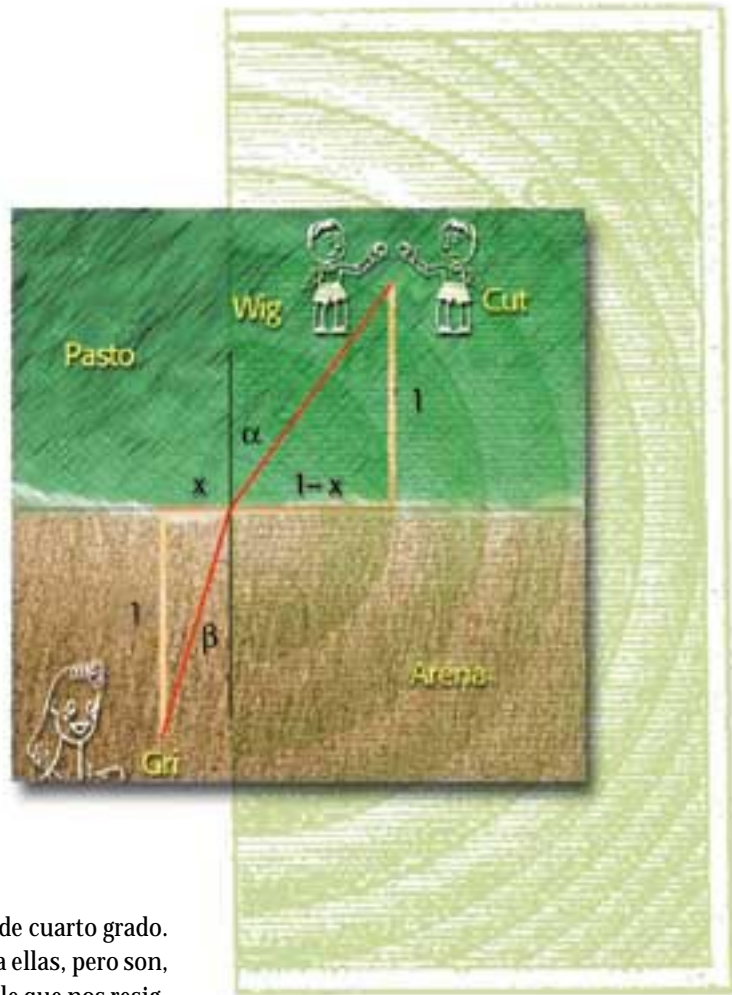
$$\frac{(1-x)}{\sqrt{1+(1-x)^2}} = 2 \frac{x}{\sqrt{1+x^2}}$$

Lo cual, muy curiosamente, equivale a

$$\text{sen } \alpha = 2 \text{ sen } \beta$$

que representa la Ley de Snell para la refracción de la luz, en la cual  $\alpha$  es el ángulo de entrada o incidencia, y  $\beta$  el de salida o refractado. De este modo, nuestros amigos deben correr como un rayito de sol, pasando de un medio a otro. ¡Notable! Aunque, aquí entre nos, de poca ayuda. Suprimamos radicales y denominadores y obtendremos

$$3x^4 - 6x^3 + 6x^2 + 2x - 1 = 0$$



Uy. Malas noticias. Una ecuación de cuarto grado. Existen, sí, métodos de resolución para ellas, pero son, créame, un enredo mayúsculo. Más vale que nos resignemos a buscar una solución al tanteo y que usemos nuestra ecuación sólo para verificar su exactitud. Así, no nos debería costar mucho esfuerzo encontrar el valor de  $x = 0.3$ , que no hace nuestra ecuación igual a  $0$  pero sí a  $0.0023$ , lo cual no está nada mal. Es una solución más que satisfactoria para nuestro caso. Ora que, si nuestros Wig y Cut se van a echar todo el calculito, a pesar de la destreza que les inculcó el sabio maestro Palomares, lo más probable es que, cuando lleguen, la bella Gris ya se haya pintado con todos los bellos matices de los atardeceres mazatlecos. ●



### El torito

*Un cero no es lo mismo que dos ceros que tres ceros...*

## ¿Es una recua, una sarta, una retahila o qué?

**E**ste *torito* es bobo pero muy vaciado. Lástima que no se pueda escribir. Así que no vale. Igual se lo cuento para que lo use usted a discreción y se divierta a costa de sus semejantes. Sólo funciona hablado y creo que únicamente en México. Pida: “Dime un número non y un número par que sumados den un número par”.

La víctima, después de un periodo de reflexión variable, afirmará enfática que tales números no existen. Entonces dígame con aire superior que sí. “El 100 000 y el 2, sumados dan 100 002”. Cuando proteste y le diga que el 100 000 no es non, usted contradígame y afirme que sí, que 100 000 es un “numeronón”. Si tiene sentido del humor, se reirá con usted; si no riáse de él usted solo.

Hace ya un buen de entregas hablamos “deste lado del espejo” de los números grandes, de los grandotes, de los grandísimos, de los inmensos y de los inconcebibles, de esos que hacen dar de vueltas a la cabeza. La matemática, sin embargo, se ha dotado de una serie de operaciones y notaciones que permiten no sólo concebirlos sino incluso, a veces, manejarlos.

Una de esas operaciones es la potenciación o función exponencial –no entremos en matices que no vienen al caso aquí– y con la que usted, culto lector, está bien familiarizado. Cuando el exponente es un número entero puede dar lugar a números descomunales, como es el caso de  $9^{(9^9)}$  con el que nos las vimos en aquella ocasión y del que le dije que era, por mucho, el mayor número que puede escribirse con sólo tres cifras. Ahora me doy cuenta de que eso es falso.  $9^{(9^9)}$  es muchísimo mayor. No vamos a intentar dilucidar aquí qué tan grande es, porque no quie-

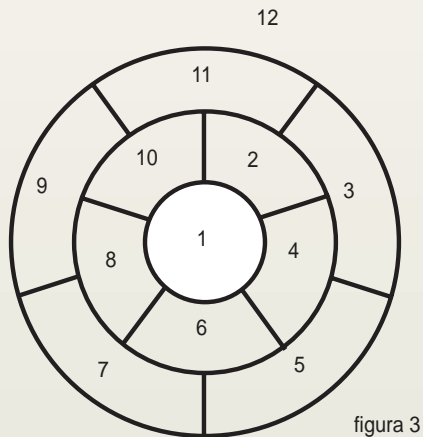
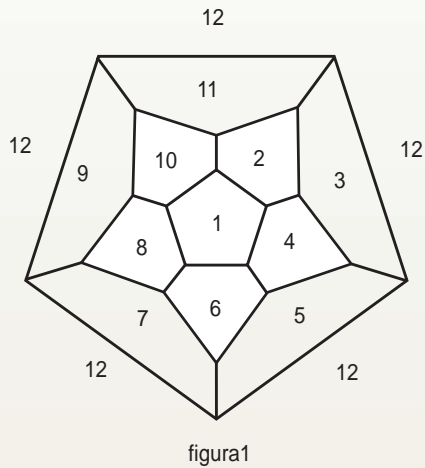
ro atolondrarlo; lo necesito fresco y agudo como una sardina, como una sardina viva por supuesto, para enfrentarse al *torito* que a continuación tengo a bien aventarle y que sí vale.

El factorial es, en efecto, otra de las operaciones agigantadora de números. Como usted seguro recuerda, memorioso lector, sólo se aplica a los números naturales y es igual al producto de todos ellos –naturales naturalmente–, iguales o inferiores al susodicho, y se escribe con un signo de admiración, sin duda para señalar a qué barbaridades puede dar lugar. Así, por ejemplo,  $8! = 8 \times 7 \times 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 = 4032$ . Pero no se vaya haciendo ilusiones. Ni crea que el factorial con el que tendrá que vérselas es tan tierno e inofensivo. Para nada. Piense en  $1000!$ , el cual tampoco es un numeronón del otro mundo. Y le pido que me diga cuántos ceros exactamente tiene al final el numerito en cuestión ya desarrollado.

La pregunta no es capciosa, no vaya usted a quedarse clavado con la broma del inicio. Pero de todos modos necesitará una cierta dosis de ingenio para hallar un atajo pues, si pretende calcularlo directamente, dudo que le alcancen los dos meses que tiene por delante, antes de que aparezca aquí mismo la solución. 🌀

Fe de erratas

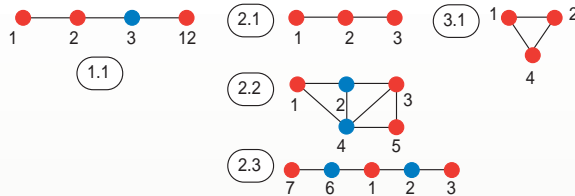
En el número anterior, las figuras que acompañaban la solución *A toro pasado* aparecieron con los números equivocados y con algunas alteraciones que dificultaban su comprensión. A los duendes luego les divierte complicar las cosas más de lo que ya lo son de por sí. En su nombre y en el nuestro ofrecemos disculpas a los lectores. Estas son, pues, las figuras correctas



CONFIGURACIONES CON DOS CARAS ROJAS



CONFIGURACIONES CON TRES CARAS ROJAS



CONFIGURACIONES CON CUATRO CARAS ROJAS

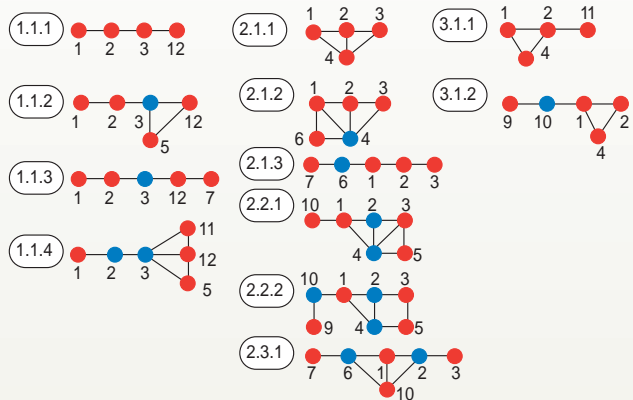


Figura 4

## Corte una oreja

*Ciencia y Desarrollo* sorteará un lote de libros entre todos los lectores que lidien correctamente al torito de este número, y cuyas soluciones se reciban en la redacción antes de aparecer el próximo. Háganos llegar su respuesta, ya sea por correo, a la dirección:

**Revista *Ciencia y Desarrollo***  
**Conacyt**  
**Av. Constituyentes 1054, edificio anexo, P.B.**  
**Col. Lomas Altas**  
**Del. Miguel Hidalgo**  
**México 11950, D.E.**

o por medio de fax, al número **(015) 327 7400, ext. 7723**. En cualquier caso, no olvide encabezar su envío con la acotación: ***Deste lado del espejo***.

No se recibió respuesta acertada alguna al *torito* del número 154.

## Materia negativa

La ilusión de lograr aquello que las leyes de la física y la naturaleza del cosmos nos dicen que no se puede, ha llevado a muchos estudiosos, inconformes con esas restricciones, a proponer salidas teóricas que podrían cumplir tales sueños. La ilusión de obtener energía ilimitada, limpia y gratuita, de conocer el futuro, o más bien dicho, de saber los efectos antes de que las causas se materialicen, estimula la imaginación de muchos inconformes con el hecho de que, al menos en este universo, no se puede obtener algo a cambio de nada, o como lo expresan los anglohablantes, no existe tal cosa como un almuerzo gratuito.

Uno de los conceptos más interesantes propuestos dentro de esta corriente es el de la posible existencia de algo que se puede llamar “materia negativa”. Se trata de agregados de partículas elementales, tal vez, organizadas en átomos, que tienen masa negativa. No hay que confundir la materia de masa negativa con la antimateria, esta última constituida por partículas de masa positiva, pero de carga eléctrica de signo opuesto a la de la materia común y corriente. Tampoco debe confundirse con la llamada materia oscura, que supuestamente aporta más del 90% de su masa a las grandes galaxias y que, como se ha comprobado, no se encuentra en las estrellas que las integran.

Un físico estadounidense y autor de ciencia ficción, el doctor Robert L. Forward, se ha dedicado a estudiar con toda profundidad y rigor las extrañas implicaciones de la existencia de la materia de masa negativa, su interacción con la materia de masa positiva y las fantásticas aplicaciones tecnológicas que podría tener en el diseño de un propulsor o motor para conducir naves interestelares con



un altísimo rendimiento energético. El efecto clave que permitiría aprovechar la materia negativa, si ésta existiera, es que puede demostrarse analíticamente que un objeto de masa negativa rechazará gravitatoriamente tanto los objetos de masa negativa como de masa positiva. Es decir, en esta masa negativa, el vector de la fuerza de gravedad que actúa en un punto del campo que genera, tiene el signo cambiado o, más bien dicho, la dirección contraria. Por su parte, la materia común y corriente, con masa positiva, atraerá gravitacionalmente tanto otros objetos de masa positiva como aquéllos de masa negativa.

Lo anterior significa que si colocamos juntas dos esferas del mismo tamaño y densidad –flotando en el espacio, lejos de toda fricción y de la interferencia de la gravedad de la Tierra–, una de masa positiva y otra de masa negativa, la última será atraída por la de materia positiva, pero ésta a su vez será rechazada por la negativa y se alejará de ella de inmediato con igual aceleración, manteniéndose las dos a la misma distancia. Ambos objetos empezarán, entonces, a trasladarse con un movimiento uniformemente acelerado a lo largo del eje que une el centro de las dos esferas en dirección a la de materia positiva. Asimismo, se puede demostrar que este fenómeno respetaría las leyes de la conservación de la materia, la energía y el impulso.

Forward demuestra, además, que si a ambos objetos se les liga con un resorte tensado y enganchado a las dos esferas en cada extremo, la aceleración del movimiento se incrementa en la misma medida que la fuerza que se dé al resorte en tensión, por lo que la aceleración del par de esferas podría controlarse al regular la tensión del mismo



resorte. Forward diseñó así un propulsor práctico que puede constituirse en un motor de una nave interestelar utilizable. Se trata del propulsor Nullor –o anulador–, consistente, ya no en dos esferas, sino en dos grandes anillos, uno hecho de materia positiva y el otro de materia negativa, cuya distancia puede regularse.

Según Forward, con este diseño, en el punto medio del eje central, que une a su vez el centro de los huecos interiores de los dos grandes anillos, se produce una fuerza –una antiaceleración– que anula de manera exacta el efecto que tendría en un posible tripulante la aceleración de todo el sistema, convertido ya en nave interestelar, y de este modo desaparecería el inconveniente que limita el poder de aceleración de una nave de este tipo a la resistencia del ser humano. Dicha resistencia no es mayor a 10 veces la aceleración de la gravedad por un periodo no muy prolongado. El propulsor anulador permite aceleraciones ilimitadas y el traslado de un pasajero en un tiempo muy breve a cualquier punto de la Vía Láctea o de galaxias cercanas, todo esto sin violar ninguna ley de la conservación de la energía o restricción relativística.

Cada nave del tipo mencionado tiene una masa total igual a cero, por lo que en teoría puede acelerarse por arriba de la velocidad de la luz, dado que este límite sólo se aplica a objetos con masa y por lo tanto con inercia. Lo anterior también indica que en ese punto, entre los dos anillos, no se presentarán los efectos relativistas de desaceleración del transcurso del tiempo para el pasajero y, así éste experimentará el mismo transcurso del tiempo que percibe un observador en reposo relativo.

Lo anterior suena muy bien, y si acaso en el futuro existe una solución al problema del viaje interestelar práctico, tendrá que salir de un hallazgo o desarrollo exactamente de este tipo. Pero, de momento, el problema en este caso es dónde puede uno encontrar materia de masa negativa. Para los que han analizado de manera crítica las teorías de Forward, estas fabulosas conclusiones sólo revelan que algo como la materia de masa negativa no puede existir, y él replica que en el universo se han localizado, en las regiones intergalácticas, enormes zonas vacías, carentes totalmente de galaxias visibles, que actúan como

burbujas en la enorme espuma cósmica. Si en tales burbujas existiera materia negativa, la distribución de las galaxias sería la que se observa.

Pero el problema es que esa materia oscura necesariamente tiene que tener masa positiva. El comportamiento de la expansión del universo a largo plazo muestra que la cantidad de masa en el mismo es mucho más elevada de lo que representan las galaxias visibles, y la materia oscura es de masa positiva.

La teoría de la supersimetría de la materia postula la existencia de todo un conjunto dual de partículas subatómicas, similar al que forman las partículas de materia común y corriente. Sin embargo, la conclusión que han sacado los teóricos es que esta materia, de existir en forma organizada, no interactuaría con la materia ordinaria, pasaría a través de ella, como si fuera un fantasma; así, la única interacción sería el efecto gravitatorio que ejercerían una sobre otra, y éste resultaría de atracción. Esa materia dual no es la materia negativa que busca Forward.

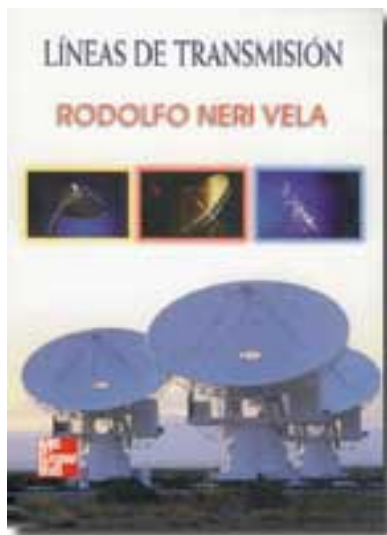
En realidad, el problema de fondo está en que lo que le brinda masa a las partículas que la poseen, los bariones, parece que forman cierto campo creado por una partícula hipotética, llamada el bosón de Higgs –en honor del físico que la postuló, Peter Higgs, de la Universidad de Edimburgo. En el modelo estándar de las partículas elementales, ahora en vigor, no hay necesidad de postular un antibosón de Higgs, que otorgue masa negativa a las mismas y, así, el sueño de la materia negativa y del vuelo translumínico tendrán que esperar a otra solución teórica creíble más afortunada. ☼

## Referencias

- Forward, Robert L. “The Negative Matter Space Drive”, *Analog*, agosto de 1990.
- \_\_\_\_\_. “Negative Matter Propulsion”, *Journal of Propulsion and Power*, enero de 1990.
- Lederman, Leon. *The God Particle*, Delta Books, 1993.

## Sistemas de comunicación alámbricos e inalámbricos

FERNANDO ESTRADA SALAZAR



*Líneas de transmisión*, Rodolfo Neri Vela, México, 1999, McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., p.482.

Según el medio de transmisión utilizado podemos considerar dos grandes grupos de sistemas de comunicaciones, alámbricos e inalámbricos. En los primeros, la línea de transmisión de datos es el sistema físico tangible de interconexión para conducir señales entre dos puntos apartados. Según las características de la información, y a manera de ejemplo, se puede utilizar un cable coaxial, una guía de onda o una fibra óptica.

Podemos encontrar los sistemas alámbricos en muchas aplicaciones de comunicación punto a punto o de distribución de informes como es el caso de la televisión por cable y la interconexión de computadoras en distancias cortas (redes locales), entre otras; pero además, sin ellos, los sistemas inalámbricos no podrían funcionar, pues todas las antenas necesitan algún tipo de línea de transmi-

sión que sirva de enlace entre ellas y los equipos transmisores o receptores.

Rodolfo Neri Vela, desde su perspectiva como catedrático universitario, considera que uno de los principales problemas a que se enfrentan los estudiantes de ingeniería en telecomunicaciones y telemática de nuestro país es la carencia de bibliografía en español, que trate la totalidad de los temas de líneas de transmisión de datos con suficiente profundidad matemática.

Con el propósito de superar esta carencia, Neri Vela, ingeniero mecánico electricista en la especialidad de comunicaciones, egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y con estudios de posgrado en telecomunicaciones y radiación electromagnética en las universidades de Essex y Birmingham, Inglaterra, presenta su obra *Líneas de transmisión*, estructurada con una gran coherencia lógica entre todos sus capítulos y cubriendo con el adecuado rigor matemático los temas relacionados con cables, guías de onda, líneas de cinta y microcinta, y fibras ópticas.

En esta obra destaca el equilibrio logrado entre el desarrollo de los conceptos teóricos y su aplicación a casos prácticos vinculados con el mundo de las telecomunicaciones, pero sobre todo resultan especialmente útiles los numerosos ejercicios desarrollados, que permiten visualizar de manera clara y sencilla los conceptos vertidos en el texto.

Al margen de la calidad indudable del libro y de la amistad que me une con Rodolfo desde hace muchos años, la lectura del ejemplar me hace evocar la imagen del doctor Neri Vela como una persona que, no obstante su gran experiencia como científico en el Instituto de Investigaciones Eléctricas, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la NASA en los Estados Unidos y la Agencia Espacial Europea, no pierde su sencillez y su preocupación por servir a la juventud de nuestro país. Así, este hombre, con gran capacidad de trabajo y catedrático de la UNAM, nos presenta su nueva obra sobre el tema de líneas de transmisión.

En el primer capítulo de su obra, el doctor Neri nos introduce gradualmente en los conceptos básicos, po-

niéndonos al tanto de los fundamentos relacionados con las líneas de transmisión para luego desarrollar una breve reseña sobre la evaluación de los medios correspondientes. Enseguida, desde la plataforma de la teoría electromagnética, nos lanza al mundo de las líneas de dos conductores, incluyendo su aplicación en las versiones de cable bifilar, cable multipar trenzado, cable coaxial terrestre y cable coaxial submarino. En estos capítulos, es de resaltar la manera como Rodolfo Neri nos lleva prácticamente de la mano para que podamos alcanzar un pleno dominio en el manejo de la *Carta* de Smith (un tradicional y duro contrincante de los estudiantes de telecomunicaciones, que se convertirá en aliado una vez dominado) en la solución de problemas relacionados con las líneas de transmisión, lo que desde el punto de vista didáctico es algo invaluable.

Las guías de onda, en sus modalidades rectangular, circular y elíptica, son tratadas en las secciones siguientes, enriqueciéndose el texto al incluir un capítulo con la descripción de los dispositivos fundamentales de microondas formados a partir de la tecnología de guías de onda. Finalmente, en los últimos capítulos se abordan los temas de las líneas de cinta y microcinta, para concluir el análisis de las fibras ópticas así como de los componentes y su aplicación en los sistemas modernos de comunicación por este medio.

Algunos de los elementos clave de este libro son los más de 70 ejercicios propuestos, además de cerca de 50 problemas complementarios y una amplia ilustración gráfica, lo que demuestra la gran preocupación del autor, no sólo por informar, sino por ofrecernos instrumentos de análisis útiles, de tal manera que el aprendizaje no quede en una simple transmisión de conocimientos y nos permita participar del proceso enseñanza-aprendizaje.

Unos de los secretos del autor es el de haber utilizado su propia experiencia, lo que da un carácter muy particular a las teorías y los ejercicios prácticos manejados en el texto. Quien haya disfrutado de alguna de las conferencias que, a lo largo de su productiva trayectoria profesional, ha dictado el doctor Rodolfo Neri Vela, o quien se haya deleitado con algunas de sus obras publicadas (*El*



*Planeta Azul, Vuelta al mundo en noventa minutos, Los eclipses y el movimiento del Universo, entre otras)* comprobará que su nuevo libro conserva el estilo ameno y claro que lo caracteriza, pero sin perder de vista la exactitud matemática, que requiere el desarrollo del tema.

Los estudiantes y profesionales del área de telecomunicaciones se verán particularmente beneficiados con la lectura de esta obra, pues si bien el libro está dirigido principalmente a estudiantes de licenciatura y se recomienda como libro de texto en el área de ingeniería en telecomunicaciones o telemática, la obra es recomendada para todo profesionista involucrado con estas áreas u otras afines.

El doctor Rodolfo Neri Vela formó parte de la tripulación de la misión 61-B de la NASA, a bordo del orbitador Atlantis, que colocó el satélite mexicano de comunicaciones Morelos II en 1985, convirtiéndose así en el primer astronauta mexicano.



## Problemas demográficos, urbanos y económicos de México

ROBERTO RODRIGUEZ GOMEZ

# A

finales del año pasado comenzó a circular el primer tomo de *La sociedad mexicana frente al tercer milenio*, libro que reúne los trabajos del seminario homónimo organizado en 1998 por los centros e institutos de humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Es esta una obra rica en análisis, balances y reflexiones sobre el pasado reciente, el presente y el porvenir de la sociedad mexicana en sus diversas facetas. En ella colaboran algunos de los más distinguidos humanistas y científicos sociales de la propia institución, pero, antes de entrar en el comentario de este primer volumen, vale la pena dar a conocer al lector las razones que motivaron el seminario así como sus objetivos y metodología.

La realización del seminario se decidió en el Consejo Técnico de Humanidades –integrado por los directores y representantes académicos del área de investigación humanística y social de la UNAM. Ante la inminencia del fin de siglo, se acordó celebrar un acto académico con la encomienda de difundir el pensamiento universitario sobre los grandes problemas y retos nacionales, y en el comité académico que definió la agenda participaron el economista Jorge Basave Kundhardt, la abogada Ingrid Brena Sesma, la filóloga Concepción Company Company, el historiador Alvaro Matute Aguirre, el antropólogo Andrés Medina Hernández, el filósofo Carlos Pereda Failache y el sociólogo Ricardo Pozas Horcasitas, todos ellos reconocidos especialistas en sus disciplinas.

El trabajo de organización académica dio como resultado un elenco de 17 grandes temas, en los que se satisfac-



*La sociedad mexicana frente al tercer milenio*, vol. I, México, 1999, UNAM, Coordinación de Humanidades, Miguel Ángel Porrúa, 686 p.

cían los objetivos de reflejar la investigación humanística y social de la UNAM, propiciar aproximaciones disciplinarias plurales y acotar una problemática pertinente sobre la realidad mexicana. El seminario se ordenó por mesas de trabajo, encabezadas por un presidente y con la presencia de cinco especialistas. Este primer tomo registra los resultados de seis de las 17 mesas de trabajo y trata sobre los problemas demográficos, urbanos y económicos del país.

La situación de México en el contexto internacional y ante la globalización es el primero de esos temas. Su debate es propuesto desde diferentes dimensiones, la de carácter teórico por Alfredo Guerra Borges, la histórica por Alejandro Dabat, la jurídica por Jorge Witker y la política por Edit Antal y Eduardo Ruiz Contardo. Emparentada con el tema anterior, aunque situada en un nivel analítico distinto, la segunda mesa se refiere a la integración regional y los nuevos bloques económicos. Esta parte incluye trabajos efectuados desde una perspectiva económica (Fernando Carmona y John Saxe-Fernández) y jurídica (Sergio López Ayllón), y vinculada con las relaciones internacionales (Alejandro Mercado Celis y Silvia Núñez García).

Las tendencias demográficas y las políticas de población de México confluyen en el tercer tema del libro. Se tratan los problemas específicos de migración interna (Marina Ariza), fuerza de trabajo y desigualdad (Fernando Cortés) y cambios en la dinámica de la población (Héctor Hernández Bringas y Catherine Menkes Bancet), y de manera adicional, Carlos Welti Chanes propone una revisión general de los procesos demográficos contemporáneos en México. Es también una problemática demográfica la que se analiza en el cuarto de los temas del volumen, la urbanización y el desarrollo regional, además de la vertiente de la demografía, tema abordado desde una interesante combinación de enfoques, teórico, por Angel Bassols Batalla; urbanístico, por Francisco Covarrubias Gaitán; sociológico por Manuel Perló Cohen, y político por Alicia Ziccardi. La sección contiene asimismo un ensayo de Fernando Curiel en el que se proponen vínculos de sentido entre el tema urbano y la filología.

La problemática económica mexicana fue tratada en dos mesas. En primer lugar, los retos de la política económica, con trabajos de Alicia Girón González, José Luis Calva, Benito Rey Román y Mario J. Zepeda Martínez. En esta sección se reflexiona sobre cuestiones del desarrollo, política financiera, neoliberalismo en México, economía agrícola y, en general, los retos económicos del país. La sección final del volumen corresponde a la situación del empleo y las condiciones de trabajo, y se forma a partir de contribuciones desde la economía (Fernando Noriega Ureña), la sociología del trabajo (Enrique de la Garza Toledo y Herlinda Suárez Zozaya) y el análisis jurídico laboral (José Manuel Lastra).

De lectura obligada para los especialistas y los estudiosos de las ciencias sociales, *La sociedad mexicana frente al tercer milenio* es también un libro para el público en general, porque abre el debate sobre asuntos que son candentes en el momento actual y porque plantea preguntas sobre problemas clave, respuestas informadas y críticas, así como sugerencias para seguir pensando. He ahí sus principales virtudes: preguntas y respuestas, pistas para continuar la discusión.

A quienes les inquieta la pregunta ¿para qué sirve la investigación que proviene de las ciencias sociales y las humanidades?, esta obra ofrece una respuesta cabal y quizás ejemplar, para comprender mejor problemas tan importantes como la desigualdad social y cultural, la pobreza, las migraciones, la situación del país en el mundo actual, el desempleo y los cambios en el trabajo, el entorno urbano en que vivimos, entre muchos otros temas. Y para quienes piensan que los diagnósticos bien hechos son indispensables para tomar decisiones racionales, el libro brinda una perspectiva a la vez informada, crítica y oportuna.

*La sociedad mexicana frente al tercer milenio* es una coedición de la Coordinación de Humanidades de la UNAM y Miguel Angel Porrúa (México, 1999, 686 páginas) y el libro fue realizado por Humberto Muñoz García (presidente del seminario) y Roberto Rodríguez Gómez (relator general); en fecha próxima se publicarán los tomos dos y tres de la obra. ●



## Primer Congreso de Responsables de Proyectos en Ciencias de la Salud

Ante más de cien especialistas en ciencias de la salud, Jaime Martuscelli, director adjunto de Investigación Científica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), afirmó que esta institución está dispuesta a apoyar proyectos científicos de calidad, y señaló la necesidad de contar con mayor número de evaluaciones para cada proyecto, a fin de que sólo los mejores alcancen dicho apoyo.

Los investigadores reunidos en el Primer Congreso de Responsables de Proyectos en Ciencias de la Salud, que se llevó a cabo en Veracruz, y fue organizado por el Conacyt, coincidieron en que la realización de este tipo de eventos es una buena opción para constatar el avance de cada uno de los proyectos.

Por otra parte, al dictar la conferencia denominada Retos y perspectivas en salud reproductiva, María del Carmen Cravioto Galindo, del Instituto Nacional de la Nutrición doctor Salvador Zubirán, señaló que muchos de los embarazos no deseados podrían evitarse mediante una educación adecuada sobre los métodos anticonceptivos en México. Al hablar sobre la importancia de la planificación familiar, la doctora Cravioto, ganadora del Premio Alfonso Rivera, subrayó que no todo está perdido, ya que se han tenido grandes avances en la difusión de dichos métodos anticonceptivos, los cuales han producido una especie de revolución en nuestro país, y agregó: “Debemos recordar que, en 1976, cada mujer en México tenía entre cinco y seis hijos, lo que representa un promedio de 5.64%, y en la actualidad ha disminuido a 2.4%, es decir, muchas parejas prefieren tener solamente dos o tres hijos, y esta tendencia continúa a la baja, haciendo que la pirámide poblacional cambie hacia el crecimiento de la población adulta y la disminución de los nacimientos.”



Jaime Martuscelli Quintana y Manuel Loyo Varela, participantes en el Primer Congreso de Responsables de Proyectos en Ciencias de la Salud.

Asimismo, indicó que de acuerdo con el Consejo Nacional de Población (Conapo), actualmente somos 97.4 millones de mexicanos, y recaló que la difusión sobre los métodos anticonceptivos debe ser más activa, porque si bien 70.2% de las mujeres en edad fértil son usuarias de anticonceptivos, existe un gran número de jóvenes (entre 15 y 19 años) que por prejuicios sociales o falta de educación no tienen acceso a esta información, lo que aumenta el número de embarazos no deseados.

Otro punto importante es que debe existir una participación más activa del varón en el uso de métodos anticonceptivos ya que, generalmente, se tiene la idea de que sólo la mujer es quien tiene la “obligación” de utilizarlos, cuando en realidad son ambos quienes deben protegerse. Para concluir, dijo que se necesita poner mayor interés en lo referente al estudio de las enfermedades de transmisión sexual, los tratamientos para la infertilidad, el cáncer



Julio Sotelo Morales, Carlos Bazdresch y María del Carmen Díaz durante su participación en la mesa de discusión *La investigación en salud en México: ¿qué queremos y hacia dónde vamos?*

cérvico-uterino y mamario, y los efectos de los medicamentos antes y después de la menopausia.

Por su parte, Carlos Bazdresch, director general del Conacyt, señaló: "México está frente al reto de alcanzar el desarrollo de su propia ciencia y de llegar al punto en que empiece a generar paradigmas de carácter internacional en este ámbito." Lo anterior ocurrió durante su participación en la mesa redonda *La investigación en salud en México: ¿qué queremos y hacia dónde vamos?*

Ante María del Carmen Díaz Amador, presidenta de la Comisión de Ciencia y

Tecnología de la Cámara de Diputados, así como de funcionarios del sector salud y representantes académicos, el titular del Conacyt comentó que el sistema científico mexicano es una reserva de acción válida para el país, no sólo en términos de lo que se hace sino de los recursos humanos que forma. Y en su participación en la mesa de discusión, María del Carmen Díaz indicó que, entre las líneas estratégicas del nuevo gobierno, la planeación constituye una actividad muy importante. Se necesita –dijo– identificar y establecer prioridades nacionales y regionales en materia de salud, ya que la investigación básica en el ámbito regional es un nicho donde se pueden desarrollar conocimientos originales y establecer puntos de competencia con el resto del mundo. Además: "Se debe descentralizar más la investigación, captar y acelerar la aplicación del conocimiento para resolver los problemas de salud, y no sólo generar la cultura del uso del conocimiento entre la sociedad civil, sino, también, desarrollar con la clase política nuevas herramientas para solucionar los problemas de salud."

En el evento también estuvieron presentes Julio Sotelo, presidente electo de la Academia Nacional de Medicina y director del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía; Onofre Muñoz, coordinador de Investigación Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social, Reyes Tamez Guerra, rector de la Universidad Autónoma de Nuevo León, y Homero Martínez, del Instituto Mexicano del Seguro Social y miembro del Comité de Ciencias de la Salud del Conacyt, entre otros. 🌐

## Presentó la UAM libros sobre la historia de la institución

Los primeros 25 años de vida académica de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) han quedado registrados historiográficamente en una obra de dos tomos, realizada por los investigadores Romualdo López Zárate, Oscar M. González Cuevas y Miguel Angel Casillas Alvarado. En la ceremonia de presentación se dieron cita funcionarios, ex funcionarios y demás miembros de la comunidad universitaria, y se contó con los comentarios de Guillermo Soberón Acevedo, ex rector de la Universidad Nacional Autónoma de México y presidente de la Fundación para la Salud; Andrés Lira, ex miembro de la Junta Directiva de la UAM y Juan Casillas García de León, ex rector general de la misma casa de estudios, quienes se refirieron, entre otros aspectos, al contexto político y social en el que se creó la Autónoma Metropolitana.

“Con orgullo veo que se ha iniciado la escritura de la historia de la UAM”, señaló el rector general, José Luis Gázquez Mateos, al dirigir un mensaje a los invitados a la ceremonia, donde destacó que el discurso sobre el pasado de la UAM se inscribe en los grandes relatos de las instituciones de educación superior en México, que conforman un acervo importante de la historiografía política del país, y agregó que lo más valioso de este libro es el compromiso que expresa como una forma “de hacer una institución, de construir una universidad y señalar el destino de los propósitos originales, lo cual permite observar y ponderar lo que la Universidad es hoy, fiel a su

pasado, pero también nueva y diferente; institución viva que se transforma constantemente”.

En su intervención, Guillermo Soberón, quien desempeñó el cargo de rector de la Universidad Nacional Autónoma de México, justo en los años en que tuvo lugar la inauguración de la UAM, hizo un análisis del contexto histórico que imperaba en México en ese momento, contexto en el que, dijo, “el país había cambiado y la UAM fue testigo y protagonista”.

Andrés Lira, presidente de El Colegio de México y miembro de la Junta Directiva de la UAM hasta el año pasado, señaló que el texto de

los investigadores de la UAM representa un excelente medio para hacer de los acontecimientos experiencia, “que es a lo que debemos aspirar como seres humanos”.

A su vez, Juan Casillas García de León, afirmó que en un país con el grado de desarrollo del nuestro, la formación de profesionales es la labor esencial de la universidad pública, lo que no quiere decir que las tareas de investigación y difusión sean de interés secundario.

Miguel Angel Casillas Alvarado, uno de los autores, destacó: “Con este libro simplemente queremos aportar insumos y pretextos para alentar el debate, la comparación y la autorreflexión institucional.”





## XLI Olimpiada Internacional de Matemáticas

Del 13 al 25 de julio del presente se llevó a cabo la XLI Olimpiada Internacional de Matemáticas en Taejón, Corea, donde México participó por decimotercera vez, ganándole a la mayor parte de los países europeos y asiáticos, y quedando sólo por debajo de Argentina entre los latinoamericanos; así, de un total de 82 países, México ocupó la posición número 30. La delegación que representó a México estuvo integrada por Ernesto Alarcón Zaldo (Veracruz), Luis Alfonso de la Cruz Color y Carlos Alberto Villalvazo Jáuregui, de Jalisco; Mauricio Esteban Chacón Tirado, de Chiapas; Samuel Estala Arias, de Morelos, y Raúl Gómez Muñoz, de Coahuila.

En la Olimpiada participan jóvenes de nivel preuniversitario, quienes compiten individualmente, y en esta ocasión los representantes de nuestro país obtuvieron una medalla de plata (Carlos Villalvazo), tres de bronce (Ernesto Alarcón, Mauricio Chacón y Raúl Gómez) y una mención honorífica (Samuel Estala).

La competencia consta de dos exámenes, cada uno con tres problemas originales de matemáticas, que deben resolverse en cuatro horas y media. Las medallas se entregan a los participantes que obtienen las mejores puntuaciones en el examen, de acuerdo con las calificaciones otorgadas por un jurado internacional, y las menciones honoríficas, a quienes no habiendo obtenido una medalla resuelven al menos un problema completo.

El jurado internacional, integrado por un representante de cada país, elabora el examen a partir de un banco de problemas que ha sido preparado previamente durante varios meses por un equipo de expertos, quienes a su vez seleccionan los problemas de entre los propuestos por los comités académicos de los países participantes.



En la gráfica aparecen de izquierda a derecha: Ernesto Alarcón, Carlos Villalvazo, Mauricio Chacón, y en el frente Alfonso de la Cruz.



Al fondo, de izquierda a derecha: Alfonso de la Cruz, los doctores María Luisa Pérez e Ignacio Barradas, profesores acompañantes, y Samuel Estala, mención honorífica; al frente, Carlos Villalvazo, medalla de plata, Raúl Gómez, Mauricio Chacón y Ernesto Alarcón, medallas de bronce.

Cabe señalar que las delegaciones nacionales se integran a partir del Concurso Nacional que se celebra anualmente, en el cual participan representantes de todos los estados y los ganadores quedan preseleccionados para participar en las diferentes olimpiadas internacionales. .

## VI Concurso La Ciencia para Todos

**N**uestras naciones precisan de más hispanohablantes dedicados a la ciencia y la tecnología. Hasta ahora se ha pensado que los pueblos americanos son capaces de desarrollarse en las humanidades, pero no en la ciencia y la técnica, y nos urge cambiar esa mentalidad”, afirmó el titular del Fondo de Cultura Económica (FCE), Miguel de la Madrid, al entregar más de 330 premios y diplomas a estudiantes de México y de países latinoamericanos que participaron en la sexta versión del concurso organizado por el FCE, la Secretaría de Educación Pública (SEP), el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la

Academia Mexicana de Ciencias. “Nuestros científicos han demostrado –prosiguió el funcionario– que a pesar de los limitados recursos a nuestra disposición podemos hacer frente a los vertiginosos cambios de este mundo, cada vez más competitivo, más complejo y más necesitado de respuestas.”

En este concurso se recibieron 22 318 trabajos de jóvenes, cuyas edades van de los 12 a los 15 años, participando también por segunda ocasión profesores de secundaria en activo. Acompañaron al titular del FCE, Manuel Ortega Ortega en representación de Miguel Limón Rojas, secretario de Educación, la coordinadora del certamen, María del Carmen Farías; Jaime Martuscelli, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; Jorge Flores y José Sarukhán, del Comité de Ciencia y Tecnología del FCE; Judith Zubieta, directora del Programa de Verano de la Investigación, así como Diódoro Guerra, del IPN, entre otras personalidades.

Cabe señalar que la colección denominada La Ciencia para Todos se destina a cubrir la fase de divulgación científica y se caracteriza por la utilización de un lenguaje accesible y ameno, dirigido al estudiante y al lector no profesional, con el fin de que los textos puedan ser comprendidos fácilmente y, lo mismo, por estar dedicada a un público con estudios de secundaria, preparatoria y licenciatura, pero, en general, lego en la materia de la obra, así como por su intento de fomentar la vocación en el estudio de las ciencias y servir de complemento a los libros de texto. ●



## Se presentó el mapa lingüístico de México

Cuando los españoles llegaron a México se hablaban alrededor de 170 lenguas indígenas que, a fines del siglo XIX, se habían reducido a 100 y actualmente sólo permanecen 62, de las cuales dos se encuentran en peligro de extinción, explicó el presidente del Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (Conaculta), Rafael Tovar y de Teresa, durante la presentación del mapa lingüístico denominado *La diversidad cultural de México*. El mapa, ricamente ilustrado, da cuenta de los 62 idiomas y los pueblos que los hablan a lo largo y ancho de nuestro país, que ocupa el segundo lugar mundial en lenguas vivas, después de la India y de China.

Tovar y de Teresa comentó asimismo: “Este patrimonio lingüístico no ha sido ni es ajeno a procesos de pérdida, y actualmente hay 16 idiomas cuyos hablantes no rebasan las mil personas. Tal es el caso, por ejemplo, del kiliwa en Baja California y del ixcatéco en Oaxaca, que se encuentran en peligro de extinción, pues solamente cuentan con unas cuantas decenas de individuos, y por ello, se decidió hacer un mapa que condensara en forma gráfica el número de éstos, las etnias a las que pertenecen y su ubicación geográfica, aunado lo anterior a una variada información sobre sus manifestaciones culturales, su flora y su fauna, pues son algunas de las dimensiones básicas de la realidad de la que emanan las lenguas.”


Elaborado por la Dirección General de Culturas Populares, el mapa lingüístico fue presentado en el Museo Nacional de Antropología e Historia por Miguel León Portilla, Irineo Rojas, Carlos Montemayor y Natalio Hernández, quienes manifestaron su complacencia por dicha publicación. El diseño y colorido de las ilustraciones fue concebido considerando a la población infantil, pero

cuenta con todos los datos claros y específicos propios de una investigación cuidadosa.

Este mapa, cuyo tiraje es de un millón de ejemplares, se proporcionará a las escuelas de enseñanza primaria, y a los maestros se les entregará un manual para facilitar a los niños el acercamiento a esta riqueza de nuestro país. De igual manera se distribuirá en los demás niveles docentes de la República, así como en lugares de concentración masiva, como el Sistema de Transporte Colectivo (Metro), las terminales de autobuses y las oficinas de organismos públicos.

Miguel León Portilla indicó que la época en que vivimos se caracteriza por la presencia de un fenómeno cultural que se llama globalización, proceso que tiende a hacer semejantes muchas de las costumbres, no sólo de un país, sino de la humanidad entera, y frente a la globalización se ha producido un fenómeno importante, el de afirmar las diferencias culturales, entre ellas la diferencia lingüística, y eso no sólo en México, la India o Africa, sino incluso en Europa, donde numerosas naciones han reivindicado sus raíces.

Cuando muere una lengua la humanidad se empobrece, indicó León Portilla, y señaló que “el mapa es sumamente valioso, ya que tiene el objetivo de que los mexicanos tomemos conciencia de nuestra enorme riqueza, así como nuestra diversidad lingüística, cultural y biológica”.

A su vez, el poeta Natalio Hernández, observó que es sólo hasta los últimos 10 años cuando se ha empezado a reconocer la diversidad cultural que posee nuestro país, por lo que las lenguas indígenas han recibido apoyo para propiciar su fortalecimiento: “De suerte que el mapa que aquí se presenta constituye el corolario de los trabajos realizados en esta última década del siglo XX”, precisó. 





## El Proyecto Edén

El Eden Project constituye el invernadero más grande del planeta, y forma parte de un plan diseñado en Inglaterra, en el que se van a unir distintos tipos de plantas y ecosistemas de todo el mundo. Aunque las obras continúan en Cornwall, se ha abierto recientemente al público la primera fase del proyecto, que consiste en los denominados biomas. En el invernadero se invertirán 80 millones de libras (aproximadamente mil millones de pesos), financiados en su mayor parte por la empresa británica Millennium Commission.

El objetivo de esta obra es explorar la interdependencia de la humanidad y la naturaleza, para lo cual, en tres enormes invernaderos con grandes cúpulas se van a crear bosques tropicales y desiertos; éstos reservorios se ubican en el fondo de una cantera abandonada, de 250 metros de largo y 50 de profundidad, que tiene como vista la bahía de St. Austell.

En una de las galerías del centro de visitantes se desarrolla la presentación multimedia titulada *The Making of Eden*, en la que se explican todas las características arquitectónicas, constructivas y hortícolas del proyecto. Al lado hay un centro educativo y una tienda de *souvenirs*, en donde no sólo se venden los tradicionales recuerdos de camisetas y folletos, sino también las plantas especiales que se cultivan en el Edén.

Los ingenieros que constituyeron los biomas se basaron en una de las formas más extendidas de la naturaleza, el hexágono de los panales. Así, la estructura está formada por 800 hexágonos de 11 metros de ancho cada uno, unidos entre sí por tornillos, a manera de mecano gigante, que sólo se abrirá al público cuando esté totalmente terminado, pues las

piezas se apoyan unas en otras.

También se ha conseguido una nueva solución para las paredes; se trata de una triple capa de plástico industrial, ligera, antiestática, transparente a los rayos ultravioleta y no degradable al sol. La estructura se proyecta sobre los hexágonos y se mantiene inflada mediante ventiladores accionados por energía solar. Durante el verano, si la temperatura subiera mucho en el interior, se extraería parte del aire para evacuar el calor, y si sufriera algún daño se podría reparar mediante un parche colocado desde el interior. Cabe señalar que el aire contenido en las tres zonas biológicas llamadas biomas pesa más que la estructura metálica que las sustenta.

En tres de los biomas, que se levantan como enormes hongos, se va a demostrar la interdependencia de la humanidad con la naturaleza. Alrededor del inmenso muro que cierra un cráter por el sur estará la importante zona

húmeda tropical, un reservorio geodésico que constituye la estructura más grande y contendrá en su interior un bosque tropical completo, en el que las gigantesecas teclas y caobos podrán alcanzar todo su desarrollo, y cerca de allí habrá árboles de caucho y de cacao, así como plantas de bambú y de vainilla, con los cuales se quiere poner de manifiesto el delicado equilibrio entre explotación y conservación.

En el segundo bioma se cultivarán plantas de regiones templadas, sobre todo del Mediterráneo, Sudáfrica y California, y en él habrá naranjos, olivos y viñas, en tanto que el tercer bioma es abierto, para demostrar las ventajas del clima de Cornwall, que permite el cultivo de plantas originarias del Himalaya, de Chile y de Australia.

La zona de jardines consistirá en 12 hectáreas ubicadas alrededor de un lago central, en donde se exhibirán sobre todo plantas decorativas de climas templados y césped en las laderas de la vieja cantera, cultivado mediante una nueva técnica llamada "hidroplantación". La mezcla de césped y trébol, contenida en grandes depósitos, se pulveriza mediante boquillas de alta presión sobre las laderas y terrazas de la cantera para estabilizar la roca.

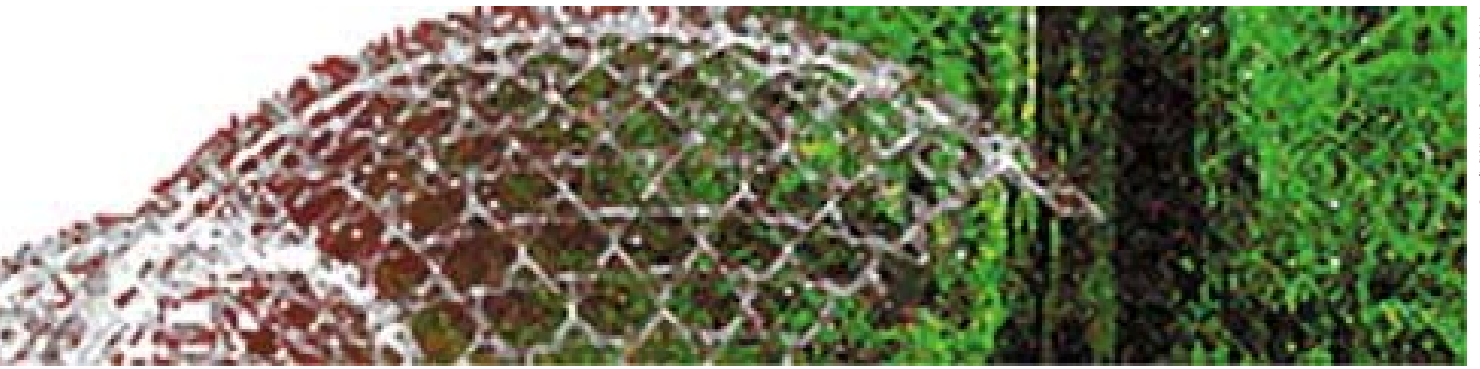
La inauguración del proyecto está prevista para la primavera del 2001, cuando podrá apreciarse lo que ya muchos han llamado "la novena maravilla del mundo".

Para obtener más información, favor de dirigirse a:

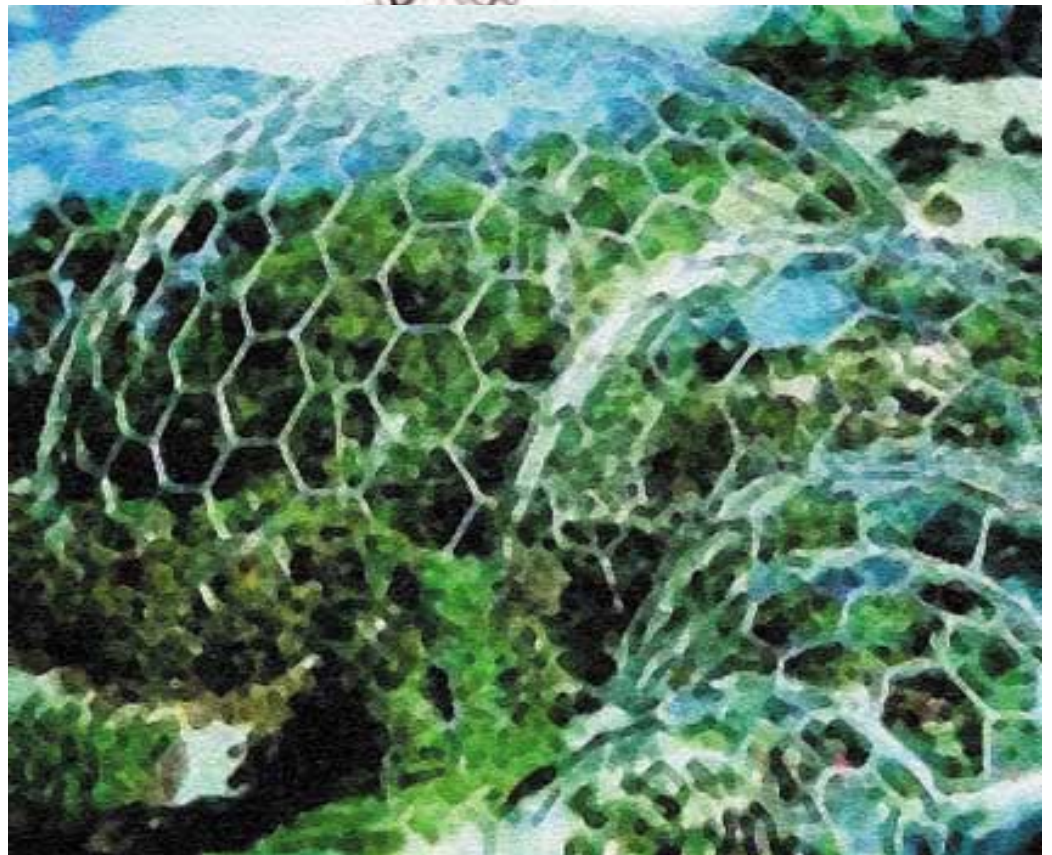
Paul Travers, Media Department,  
The Eden Project, Bodelva, near Saint Austell,  
Cornwall, United Kingdom, PL24 2SG.  
<http://www.edenproject.com>







Fotografía: CCA Habitat, Cortés Embajada Británica



*El Proyecto Edén se encuentra todavía en construcción.*



**Fernando Alvarez Noguera**, autor del artículo "Sistemas anquihalinos en México", nació en Guadalajara, Jalisco, el 28 de diciembre de 1958. Es biólogo por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), maestro en ciencias por la Tulane University, de Nueva Orleans, Louisiana, y doctor por la Universidad de Maryland. Es investigador titular "A" de tiempo completo, en el Departamento de Zoología del Instituto de Biología de la UNAM, y desde 1993 curador de la Colección Nacional de Crustáceos, así como jefe del Departamento de Zoología a partir de 1995. Las líneas de investigación de su interés son la sistemática de crustáceos decápodos, especialmente de especies de agua dulce, y las interacciones parásito-hospedero, que involucran a dichos crustáceos. Desde 1985 es profesor en licenciatura y posgrado, y pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I.



**Alvaro Aguilar Setién**, autor del artículo "Fin de milenio: virus, nuevos invasores", nació en la ciudad de México, y en 1976 se tituló como médico veterinario zootecnista en la Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. En 1983 obtuvo el grado de doctor en ciencias por la Universidad de Lieja, Bélgica, y cinco años después fue seleccionado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, de la Organización de Estados Americanos, como consultor de virología para su oficina de Guatemala. En 1992 se desempeñó como consultor tecnológico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, y es autor de 69 artículos de investigación que versan sobre temas de virología, inmunología y vacunología, publicados en revistas de circulación nacional e internacional, así como de 14 capítulos en diversos libros de las mismas disciplinas. Es investigador titular en la Coordinación de Investigación Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social, socio numerario de la Academia Veterinaria Mexicana, A.C., y miembro del Consejo Técnico Consultivo Nacional de Sanidad Animal. Asimismo, pertenece al Sistema Nacional de Investigadores.



**Javier Alcocer Durand**, coautor del artículo "Sistemas anquihalinos en México", realizó sus estudios de licenciatura en la Universidad Autónoma Metropolitana, y de maestría en ciencias del mar, y de limnología, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), actualmente es profesor titular "B" de tiempo completo, dentro del proyecto de conservación y mejoramiento del ambiente en el campus Iztacala de la propia institución. Está doctorado por la Facultad de Ciencias de la UNAM, y entre sus contribuciones se cuentan 23 artículos científicos sobre limnología de lagos mexicanos, 25 publicaciones de divulgación y



capítulos de obras especializadas, así como tres libros. Las líneas de investigación que desarrolla se refieren a ecología acuática epicontinental, lagos salinos y tropicales y calidad del agua. Obtuvo el nivel uno en el Sistema Nacional de Investigadores, y el reconocimiento al Mérito Académico Iztacala 1999, asimismo es vicepresidente de la Asociación Mexicana de Limnología, A.C.

**Mireia Artís Mercadet**, autora del artículo "El avasallador avance científico de la posguerra", realizó los estudios de licenciatura en biología en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México; los de posgrado en genética molecular en la universidad de París, los de filosofía de la ciencia en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), y los de historia de la ciencia en la Universidad Autónoma de Barcelona. En su trayectoria académica el interés fundamental han sido las relaciones de la ciencia con la sociedad, y en la actualidad se desempeña como investigadora titular del Departamento de Ciencias de la Salud de la UAM.



Correo electrónico: [martis@campus.uoc.es](mailto:martis@campus.uoc.es)

**Humberto Bahena Basave**, coautor del artículo "Impacto del huracán Mitch (octubre de 1998) en el Caribe mexicano", nació el 3 de noviembre de 1966 en la ciudad de México. Cursó sus estudios de licenciatura en biología en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se ha desempeñado como técnico en el laboratorio de fotografía científica de El Colegio de la Frontera Sur, en Chetumal; ha participado en diversos proyectos de investigación en las áreas de ecología terrestre y acuática, y su contribución ha sido la de documentar gráficamente los resultados de los proyectos en libros y catálogos, como *El jardín botánico Doctor Alfredo Barrera Marín. Fundamento y estudios particulares* y el *Catálogo de los ácaros oribátidos edáficos de Sian Ka'an*, entre otras obras. También ha publicado notas científicas y es autor del cuaderno de divulgación *Reptiles venenosos de la península de Yucatán*, apoyado por el Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Por su trabajo fotográfico ha recibido menciones honoríficas por parte de Kodak International Newspaper Snapshot Awards y del Comité Regional para la Conalmex, de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Del último fue ganador del primer lugar en fotografía del entorno organizada este año.



**Daniel Francisco Campos Aranda**, autor del artículo "Hidrología determinística: modelación, pronóstico y optimización", nació en la ciudad de San Luis Potosí el 9 de marzo de 1950. Realizó la licenciatura en ingeniería civil en la Escuela de Ingeniería de la

Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) y obtuvo dos diplomados de especialización en hidrología general y aplicada, así como en ingeniería de regadíos en el Instituto de Hidrología del Centro de Estudios Hidrográficos de Madrid, España, y posteriormente llevó a cabo la maestría y el doctorado en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ha sido docente en la Facultad de Ingeniería de la UASLP, lo mismo que en la División de Educación Continua de la propia Facultad, y ha ejercido profesionalmente como ingeniero de proyectos, ingeniero hidrólogo y especialista en agroclimatología. Asimismo, es autor de 31 artículos publicados en revistas de circulación nacional e internacional y pertenece a diversas asociaciones, entre las que destaca el Colegio Universitario de Ciencias y Artes, A.C. de San Luis Potosí, en donde fungió como presidente durante 1997, así como de las asociaciones Mexicana de Hidráulica, Mexicana de Agroclimatología, de la Organización Mexicana de Meteorólogos y del Colegio Universitario de Ciencias y Artes. Recibió la Medalla Gabino Barreda, de la UNAM, entre otras distinciones y es Investigador Nacional, Nivel I, del Sistema Nacional de Investigadores.



**Concepción Campos Vázquez**, coautora del artículo "Impacto del huracán Mitch (octubre de 1998) en el Caribe mexicano", nació en Oxcutzcab, Yucatán, el 8 de diciembre de 1973. Es licenciada en biología por el Instituto Tecnológico de Chetumal, ha participado en cinco congresos nacionales y en dos estancias de investigación en el IV y VI Verano de la Investigación Científica, que organiza la Academia Mexicana de Ciencias. Ha impartido cursos sobre taxonomía de corales pétreos decápodos, esponjas y equinodermos, y asimismo es instructora adjunta sobre taxonomía de moluscos. Cuenta con cinco publicaciones y ha participado en los proyectos Bentos costero del sur del caribe mexicano: Línea de base para estudios a largo plazo, así como en el denominado Bioindicadores bénticos de la bahía de Chetumal.



**Luis Fernando Carrera Parra**, coautor del artículo "Impacto del huracán Mitch (octubre de 1998) en el Caribe mexicano", nació en Loma Bonita, Oaxaca, el 14 de abril de 1968. Realizó su licenciatura en biología en la Universidad Veracruzana, y su maestría en ciencias en manejo de recursos naturales y desarrollo rural en El Colegio de la Frontera Sur, unidad Chetumal. Ha realizado estancias de investigación en el Centro de Colecciones Marinas del Instituto de Oceanología, de Cuba; en el Marine Invertebrate Museum de la Rosentiel School Marine and Atmospheric Science, de la Universidad de Miami, así como en el National Museum of Natural History,



en la Smithsonian Institution de la ciudad de Washington. Ha participado en cruceros oceanográficos nacionales e internacionales, incluyendo inmersiones en los submarinos del buque Akademik Mstislav Keldish, del Instituto de Ciencias de Rusia. Ha sido instructor en tres cursos sobre taxonomía de poliquetos, y es colaborador en diversos proyectos sobre ecología y taxonomía de invertebrados marinos en áreas arrecifales del Atlántico mexicano, y en el mantenimiento de colecciones científicas de invertebrados marinos. Ha escrito siete publicaciones científicas, un capítulo de libro y cinco publicaciones de divulgación.

Correo electrónico: [lcarrera@ecosur-qroo.mx](mailto:lcarrera@ecosur-qroo.mx)

**Elva Escobar Briones**, coautora del artículo "Sistemas anquihalinos en México", nació en la ciudad de México el 24 de enero de 1957. Llevó a cabo su doctorado en oceanografía biológica en la Universidad Nacional Autónoma de México. Es investigadora titular B, Nivel II, del Sistema Nacional de Investigadores y miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. Su línea de investigación es la ecología de sistemas acuáticos tropicales, en la cual desarrolla proyectos de estructura y funcionamiento de bentos. Cuenta con 32 artículos en revistas arbitradas y 30 en publicaciones nacionales, memorias de congresos, capítulos de libros y divulgación. Es docente del posgrado desde 1984, ha participado en más de 20 campañas oceanográficas, y se le ha distinguido como Research Affiliate de la Universidad de Texas A&M, y Latin American Governor de The Crustacean Society por dos periodos consecutivos, entre otros reconocimientos.



**Fernando Estrada Salazar**, autor de la reseña del libro *Líneas de transmisión*, realizó su maestría en ingeniería eléctrica, en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Actualmente es jefe de la carrera en ingeniería electrónica y comunicaciones de dicha casa de estudios, y miembro del Comité Académico de Teoría de Circuitos y Mediciones Eléctricas del Centro Nacional de Evaluación y evaluador para el área electrónica y de comunicaciones del CIEES.

Correo electrónico: [festrada@gama.fime.uanl.mx](mailto:festrada@gama.fime.uanl.mx)

**Norma Emilia González**, coautora del artículo "Impacto del huracán Mitch (octubre de 1998) en el Caribe mexicano", nació en Monterrey, N.L., el 7 de julio de 1957. Es bióloga marina egresada de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, y se ha desarrollado en las áreas de biodiversidad marina y costera, turismo, conservación y educación ambiental. Fue coeditora del libro *Biodiversidad marina y costera de México* y autora de siete capítulos de libros, cinco



artículos en revistas especializadas y 10 de divulgación. Ha participado en congresos nacionales e internacionales, y actualmente es técnico titular en el Colegio de la Frontera Sur y se encarga de la colección del Laboratorio Bentos y Contaminación. También imparte cursos sobre taxonomía de moluscos caribeños en el Instituto Tecnológico de Chetumal.

Correo electrónico: [emilia@ecosur-qroo.mx](mailto:emilia@ecosur-qroo.mx)

**Roberto Luis Herrera Pavón**, coautor del artículo "Impacto del huracán Mitch (octubre de 1998) en el Caribe mexicano", nació en Xcalak, Quintana Roo, el 16 de marzo de 1962. Cursó la carrera de ingeniero agrónomo con especialidad en zootecnia, y tiene dos diplomados, uno en taxonomía biológica y otro en manejo de fauna silvestre. En 1985 inició su trabajo con tortugas marinas, enfocado a la conservación de las mismas y actualmente elabora una base de datos estatal sobre estudios con tortugas marinas, además de colaborar con los proyectos: Peces, ictoplancton y helmintos parásitos en la Bahía de Chetumal, Santuario del Manatí, financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, así como en el proyecto llamado Manejo integral de banco Chinchorro, levantamiento geográfico y caracterización geomorfológica del arrecife, con especial énfasis en las comunidades coralina e íctica, financiado por Sisiera.



**Alicia Lara Lemus**, coautora del artículo "El avasallador avance científico de la posguerra", obtuvo el título de química-farmacéutica-bióloga por la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y posteriormente realizó la maestría en biología experimental en la Universidad Autónoma Metropolitana, campus Iztapalapa (UAM-I), así como el doctorado en la Facultad de Ciencias de la UNAM. En la actualidad se desempeña como profesor titular del Departamento de Ciencias de la Salud de la UAM-I, donde lleva a cabo trabajos de investigación en psicofarmacología, con particular interés en las cuestiones bioéticas de su especialidad.



Correo electrónico: [lara@xanum.uam.mx](mailto:lara@xanum.uam.mx)

**Martín Guadalupe Maas Vargas**, coautor del artículo "Impacto del huracán Mitch (octubre de 1998) en el Caribe mexicano", nació en Mérida, Yucatán, el 11 de noviembre de 1973. Obtuvo su licenciatura en biología por el Instituto Tecnológico de Chetumal y ha realizado cursos sobre taxonomía en corales pétreos y esponjas, así como en



monitoreo de arrecifes de coral. En 1998 inició su trabajo sobre taxonomía de esponjas marinas, y actualmente elabora una base de datos de la colección de El Colegio de la Frontera Sur. El proyecto más reciente en el que ha participado, gracias al apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, es el denominado Bentos costero del sur del Caribe mexicano: Línea de base para estudios a largo plazo, en el que estudió la taxonomía de las esponjas.

**Marco Arturo Moreno Corral**, autor del artículo "La enseñanza de las matemáticas en la Nueva España", nació en la ciudad de México el 14 de septiembre de 1946. Realizó su maestría en ciencias en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Pionero en el desarrollo y puesta en marcha del Observatorio Astronómico Nacional en 1971 comenzó las observaciones regulares con el primer telescopio que la UNAM instaló en San Pedro Mártir, B. C. Fue investigador y coordinador del Área de Astrofísica del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), de Tonantzintla, Puebla, y gracias a sus gestiones se puso en marcha el telescopio reflector de 2.1 m de diámetro ubicado en Cananea, Son. Ha sido profesor de diferentes asignaturas en las facultades de Ciencias de la UNAM y de la Universidad Autónoma de Baja California, así como también en el INAOE. En 1996 el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología le otorgó apoyo financiero para el desarrollo de un proyecto de investigación y divulgación. Es autor de cinco libros, así como investigador definitivo del Instituto de Astronomía de la UNAM y miembro del Sistema Nacional de Investigadores.



Correo electrónico: [mam@astrosen.unam.mx](mailto:mam@astrosen.unam.mx)

**Vicente Quirarte**, autor del artículo "Antoine de Saint-Exupéry, fiel a su leyenda", nació en la ciudad de México el 19 de julio de 1954. Es licenciado en lengua y literatura hispánicas, así como maestro y doctor en letras mexicanas por la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional Autónoma de México, y desde 1988 es profesor de asignatura en la licenciatura y en la División de Estudios de Posgrado de dicha Facultad. Actualmente es investigador titular en el Instituto de Investigaciones Bibliográficas de la máxima casa de estudios. Ha sido profesor invitado en el Austin College, de Sherman, Texas, y ocupó la Cátedra "Rosario Castellanos" de Cultura Mexicana en la Universidad Hebrea de Jerusalén. Ha impartido conferencias y cursos en universidades de Inglaterra, Francia, Canadá, Israel, y en los Estados Unidos en múltiples instituciones de enseñanza superior. Es autor de numerosas e importantes obras de ensayo y poesía, como *La poética del hombre dividido* en la obra de Luis Cernuda; *Perdese para recontrarse*; *Bitácora de Contemporáneos*; *Puerta del verano*; *Bahía Magdalena*, y *Viajes alrededor de la alcoba*. Sus libros más recientes son *La ciudad como cuerpo*; *Vergüenza de los héroes*, y *Armas y letras de la guerra*



entre México y Estados Unidos, por mencionar sólo algunos.

**Roberto Rodríguez Gómez**, autor de la reseña del libro *La sociedad mexicana frente al tercer milenio*, es doctor en sociología por El Colegio de México, investigador del Centro de Estudios sobre la Universidad, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en el Seminario Universidad Contemporánea, y profesor y tutor de posgrado en la propia institución y en las universidades Autónoma de Aguascalientes y en la de Sonora. Fue presidente del Consejo Mexicano de Investigación Educativa, y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores y de la Academia Mexicana de Ciencias, entre otras instituciones. Funge como editor asociado de la revista *Education Policy Analysis Archives* de la Universidad de Arizona, y es coordinador asociado de la Red de Investigadores sobre la Educación Superior. Entre sus publicaciones más recientes pueden citarse: *Educación superior y desigualdad social. El caso de la UNAM*, y los ensayos "El conflicto de la UNAM" en coautoría con Hugo Casanova, publicado en la revista *Debates* de la Universidad de Antioquia, Colombia, y "La reforma de la educación superior: señas del debate internacional de fin de siglo", publicado por la Universidad Autónoma de Baja California. En la actualidad realiza investigación en el tema Universidad y Territorialidad.

Correo electrónico: [roberto@servidor.unam.mx](mailto:roberto@servidor.unam.mx)

**Jennifer Denisse Ruiz Ramírez**, coautora del artículo "Impacto del huracán Mitch (octubre de 1998) en el Caribe mexicano", nació en Chetumal, Quintana Roo, el 12 de enero de 1975. Estudió su licenciatura en biología en el Instituto Tecnológico de Chetumal, y ha participado en congresos nacionales de zoología, uno sobre foraminíferos y el otro sobre exogóninos (Polychaeta: Syllidae) con cuatro nuevas especies. Actualmente realiza sus estudios de maestría en recursos naturales y desarrollo rural en El Colegio de la Frontera Sur.



**Sergio I. Salazar Vallejo**, autor del artículo "Impacto del huracán Mitch (octubre de 1998) en el Caribe mexicano", nació en Monterrey, N.L., el 16 de diciembre de 1955. Es biólogo por la Universidad Autónoma de Nuevo León, y maestro en ciencias en ecología marina por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California; asimismo realizó su doctorado en biología en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Es investigador nacional Nivel II y miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1985, así como profesor de licenciatura en ocho instituciones, árbitro de nueve revistas y miembro del comité editorial en otras tres. Cuenta con un



importante número de publicaciones científicas y los libros *Poliquetos de México* y *Contaminación Marina*. Ha realizado siete estancias de investigación en museos e instituciones de los Estados Unidos y de Europa. Es investigador titular "B" de El Colegio de la Frontera Sur y coordinador del posgrado en la Unidad Chetumal de dicha institución.

Correo electrónico: [salazar@ecosur-qroo.mx](mailto:salazar@ecosur-qroo.mx)

**Emiliano Tesoro Cruz**, coautor del artículo "Fin de milenio: virus, nuevos invasores", nació en la ciudad de México el 25 de mayo de 1969. Llevó a cabo sus estudios de licenciatura en la Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Actualmente realiza su posgrado en el programa de maestría de biología experimental en la Facultad de Ciencias de la UNAM, y es becario en la Unidad de Investigación Médica en Inmunovirología del Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI, del Instituto Mexicano del Seguro Social, donde realiza sus investigaciones, en el área de Virología, acerca del retrovirus. Desde 1995 labora en el Instituto Nacional de la Nutrición doctor Salvador Zubirán, en el Departamento de Investigación Experimental y Bioterio, en donde ha adquirido experiencia sobre la investigación de animales de laboratorio.



## GIDE MEXICO MUSEO ITINERANTE



### EDUCACION - CIENCIA - TECNOLOGIA

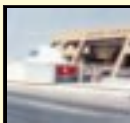
- Óptica
- Láser
- Fibras ópticas
- Holografías
- Mecánica
- Calor
- Química
- Historia
- Geografía
- Matemáticas
- Electricidad
- Magnetismo
- Electrónica
- Energía
- Zoología
- Botánica
- Robots
- Juegos de destreza

**Astronomía** con planetarios para niños y adultos

### MUSEO CULTURAL

- \* Época prehispánica de México
- \* Historia de la Tierra
- \* Origen y evolución del hombre

Exhibidores interactivos con sistema audiovisual. Multimedia con preguntas y respuestas



### VENTA o RENTA

Tel. 5608-5043  
[gide@data.net.mx](mailto:gide@data.net.mx)

Fax. 5695-3406  
[www.gide.com.mx](http://www.gide.com.mx)



# CANADIAN EMBASSY      AMBASSADE DU CANADA

## INFORMACION SOBRE LOS PROGRAMAS DE BECAS DE INVESTIGACION (FACULTY RESEARCH) Y DE BECAS DE ESPECIALIZACION (FACULTY ENRICHMENT) EN ESTUDIOS CANADIENSES 2000-2001

La Embajada del Canadá se complace en ofrecer nuevamente para el año 2000-2001 las becas de investigación y de especialización en estudios canadienses, las cuales son becas de estancias cortas a Canadá para investigadores y profesores universitarios mexicanos.

El objetivo de este programa es subvencionar a dicho personal de educación superior que desea introducir contenido canadiense en sus cursos (*FACULTY ENRICHMENT*) o escribir un artículo con contenidos canadienses (*FACULTY RESEARCH*), para que puedan viajar de cuatro a seis semanas a Canadá, para llevar a cabo entrevistas, recopilar información y hacer otros tipos de investigaciones.

Los requisitos principales son:

- Ser miembros en activo del personal docente/o investigador en una institución reconocida de enseñanza superior
- Presentar compromiso/respaldo de la institución
- Hablar inglés y/o francés
- Presentar solicitud, cartas de recomendación, copias, informes y demás documentos en inglés o francés antes de la fecha mencionada en la solicitud.

La fecha límite para presentar sus solicitudes es el **29 de diciembre del 2000**. Los candidatos seleccionados se anunciarán en el mes de abril del 2001, y los seleccionados tendrán hasta el mes de marzo del año 2002 para entregar sus trabajos. Las solicitudes están disponibles por correo normal o por medio electrónico (se necesita ACROBAT READER). Si le interesa solicitar una beca favor de comunicarse con:

Coordinador de asuntos académicos  
A/C Pierre Sved, Coordinador de asuntos académicos  
**pierre.sved@dfait-maeci.gc.ca**  
Embajada del Canadá  
Schiller 529  
Rincón del Bosque  
11560 México, D.F.  
Tel: 5724-7958  
Fax: 5724-7981

---

**Favor de indicar, si quiere, cuál beca solicita y en qué idioma.**

N.B.: Las becas son por méritos, NO hay cupo limitado.