

CIENCIA y DESARROLLO

Noviembre/Diciembre de 1999 • Volumen XXIV • Número 149 • ISSN 0185-008 • México \$ 20.00



SEP • CONACYT

La ciencia y su reflejo en el arte mexicano

El desarrollo tecnológico en la industria del calzado • El plomo y sus efectos en la salud

El atolón de Clipperton, aspectos históricos y ecológicos

Las generaciones de computadoras • Variedades y producción de semilla en México

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

Director Adjunto de Política Científica y Tecnológica
Adrián Jiménez Gómez

Directora Adjunta de Asuntos Internacionales y Becas
Sylvia Ortega Salazar

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



SEP • CONACYT

Director Editorial
Armando Reyes Velarde

Editora
Clairette Ranc Enríquez

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 Carbó, Mayán Santibañez Cervantes, Josefina Raya López y Lizet Díaz García

Coordinación de producción: Jesús Rosas Espejel

Producción: Carolina Montes Martínez

Diseño e ilustración
Agustín Azuela de la Cueva y Elvís 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, 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.main.conacyt.mx>

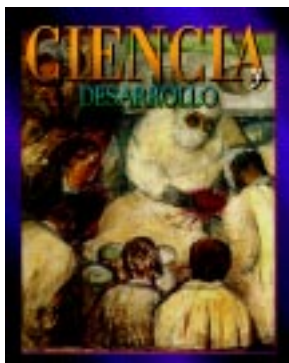
Ciencia y Desarrollo es una publicación bimestral del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), editada por la Dirección de Comunicación Científica y Tecnológica. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. Se prohíbe la reproducción total o parcial sin la expresa autorización 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 1046, Col. Lomas Altas, Delegación Miguel Hidalgo, 11950 México, D.F. teléfono 327 74 00 ext. 7800 y 7801.



Vincular la investigación con el sector productivo es una necesidad cuya satisfacción resulta ya insoslayable. Hacer caso omiso de ello significaría admitir un riesgo seguro para la sociedad nacional, expresado en dos esferas centrales: el desarrollo de una investigación sin sentido claro y el funcionamiento de empresas condenadas a mantenerse a la zaga de los avances tecnológicos, subordinación que estaría en relación directa con la ocupación de un sitio menor en el cuadro de los avances –y los beneficios para el país– y el mundo.

Este panorama es una realidad predominante en México. El paso de los años –y los decenios– apenas y registran tímidos avances en el acercamiento entre los dos factores clave, aparte del gubernamental, para la obtención de resultados favorables. Si bien esto es cierto, también pueden citarse casos exitosos e ilustrativos de lo que resulta susceptible de darse en nuestro país.

En este número de *Ciencia y Desarrollo* publicamos la experiencia del Centro de Investigación y Asesoría Tecnológica en Cuero y Calzado, A.C. (CIATEC), institución perteneciente al sistema SEP-Conacyt. En el trabajo de referencia pueden observarse rápidamente características que a esta institución le han permitido avanzar hacia el éxito: satisface una necesidad específica, surge de una demanda claramente identificada, existe una respuesta significativa del ámbito de la investigación y un esfuerzo organizativo eficiente. Como resultado de ello, se cuenta con investigación y asesoría que ubican en la vanguardia de la competencia a los productores mexicanos y permiten, incluso, el ingreso de divisas no sólo por concepto de exportación de bienes de consumo sino también de conocimiento. Los retos de vinculación, pues, tienen en la historia reciente del CIATEC, una muestra de lo que implica el aprovechamiento de potencialidades insuficientemente desarrolladas en esta materia. 



Nuestra portada: Diego Rivera, La operación, 1920, óleo sobre tela, 52 x 64 cm. Col. Luz María Marín (fotografía tomada de Manuel Reyer, Diego Rivera, México, 1983, Fundación Cultural Televisa, A.C.

Editorial

1	<i>El plomo y sus efectos en la salud</i>	36
	ELIZABETH HERNANDEZ PEREZ	

Entrevista

El gran motor de la divulgación es hacer que el otro se sienta bien porque entendió:
Julieta Fierro Gossman
 SUSANA ALICIA ROSAS

4	<i>¿Educación ambiental o alfabetización global?</i>	40
	MIREIA ARTIS Y ALICIA LARA	

Reportaje

El desarrollo tecnológico como pilar de la producción en la industria del calzado
LAURA ROMERO MIRELES

10	<i>Las generaciones de computadoras</i>	44
	JESUS LEYVA RAMOS	
	<i>La ciencia y su reflejo en el arte mexicano</i>	52
	ELISA GARCIA BARRAGAN	

El atolón de Clipperton

Aspectos históricos y ecológicos

HECTOR REYES BONILLA, JUAN P. CARRICART GANIVET, VIVIANNE SOLIS WEISS Y ALEJANDRO GRANADOS BARBA

16



Variedades y producción de semilla en México

ALEJANDRO ESPINOSA CALDERON, ALFREDO TAPIA NARANJO Y RODRIGO AVELDAÑO SALAZAR

62

Láseres semiconductores

Materiales para su construcción

VIATCHESLAV MISHOURNYI, A.YU. GORBACHEV, ALFONSO LASTRAS MARTINEZ E IVAN CESAR HERNANDEZ DEL CASTILLO

24 Contaminación por metales en las costas de México

FEDERICO PAEZ OSUNA

68





CIENCIA DESARROLLO

Efemérides 1971-1999

RENE ANAYA

74

Descubriendo el Universo

- EL FUSE (Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer) 78
- Un paseo por los cielos de enero y febrero del 2000 80

JOSE DE LA HERRAN

Alaciencia de frioleras

Sobre el uso del chocolate 82

MIGUEL ANGEL CASTRO MEDINA

Deste lado del espejo

- De ovarios, testículos y otras menudencias 86
- Cuando vayas al súper, me compras una hoja nueva de plátano 87
- La importancia de las cosas bien hechas (solución al torito del núm. 147) 88
- No se atarante, mírelo desde arriba (El torito) 89

MARCELINO PERELLO

La ciencia y sus rivales

¿Qué es una seudociencia? 90

MARIO MENDEZ ACOSTA



Reseñas

La astronomía a través de los tiempos 92

MARIA J. RODRIGUEZ SHADOW

Visión de los vencidos 95

PILAR MAYNEZ

Comunidad Conacyt 96

- Encuentro Sistema SEP-Conacyt-sector productivo nacional
- IV Taller Iberoamericano e Interamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología
- Conacyt e ITAM crean fondo monetario para otorgar becas-crédito
- Se analiza la inversión en ciencia y tecnología en la Primera Semana del Quehacer Científico y Tecnológico

Nuestra ciencia 100

- Disco óptico con la obra del científico novohispano José Antonio Alzate
- Tecnología de punta para investigaciones aplicables en la industria
- Retos y oportunidades de la biotecnología en México
- El Fondo de Cultura Económica celebra su LXV aniversario

La ciencia en el mundo 103

- Cámara de seguridad capaz de reconocer a una persona disfrazada
- Nueva herramienta de simulación para el diseño de piezas de materiales compuestos

Cartas de los lectores 105

Los autores 106



VICTOR FERREIRA

“El gran motor de la divulgación es hacer que el otro se sienta bien porque entendió”:


Julieta Fierro Gossman

SUSANA ALICIA ROSAS

Siendo una niña tímida, temerosa y con escasas oportunidades, como sucedía a casi todas las mujeres, escuchaba embelesada a su padre que, animado y gustoso, hablaba sobre temas relativos a la ciencia, e incluso en una ocasión la despertó para ver pasar un cometa. A partir de esas charlas y de las series enciclopédicas que existían en su casa, a Julieta Fierro –maestra en ciencias por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), perteneciente al Sistema Nacional de Investigadores y jefa de Difusión del Instituto de Astronomía de la máxima casa de estudios– le nació el amor por el conocimiento científico. Como ella misma asegura, fue buenisísima en matemáticas –siempre sacaba 10– y estudiaba en un colegio francés, donde también aprendió otro idioma y otra cultura. Además, “desde niña tuve clarísimo que sería científica. Me gusta leer sobre ciencia, compro libros relativos a ella, claro, también leo muchas otras cosas, porque igual que a algunas personas les gusta el fútbol o la música, yo disfruto y me produce placer leer y platicar acerca de mi disciplina”.

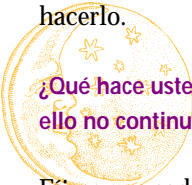
También tuvo que valerse de otros medios, como los idiomas y el uso correcto del español para difundir la ciencia. “Sí, con mucha dificultad”. Actualmente se comunica en español, inglés, francés y hasta intentó aprender japonés cuando estuvo de visita en Japón, según ha comentado ella misma: “Recuerdo que el primer libro que escribimos sobre astronomía, lo hicimos entre varios y cada quien escribía una página, porque era para niños, y también por la dificultad que representa enfrentarse por primera vez al hecho de comenzar un texto; después se pueden escribir textos cada vez más difíciles sin tanta preocupación, y lentamente va uno adquiriendo más libertad para realmente poder decir lo que quiere. Es cuestión de práctica, entre más escribe uno, menos trabajo cuesta hacerlo, aunque luego uno ve sus escritos y se arrepiente, pensando cómo no lo hizo mejor, cómo no consideró esto o aquello, por qué se lo tomó tan a la ligera. Alguna vez he dado cursos sobre cómo escribir textos científicos y digo que el secreto está en hacerlo todos los días, pase lo que pase, y sobre lo que sea.”






¿Cómo se hizo usted divulgadora? ¿En qué y en quién pensaba cuando se decidió a llevar a cabo esta labor?

Me daba ansia pensar que hubiera tantas cosas maravillosas en la Universidad que no se conocían. No cabía en mi cabeza cómo si había un Instituto de Astronomía con información extraordinaria ésta no saliera de ahí. Me parecía increíble que no existiese una colección de transparencias, o de libros para niños, y me decía ¡Cómo puede ser!, simplemente no lo entendía y sigo sin entenderlo. Para mí es muy difícil comprender que tantas instituciones generen conocimiento pero no lo difundan en forma masiva. Me sigo sintiendo muy responsable de algunas de estas cosas, por ejemplo, de no haber dado clases de ciencia en la carrera de comunicación de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. Pienso que si los muchachos que estudian comunicación se enamoraran de la ciencia como lo hacen de muchas otras cosas, habría más espacios para la ciencia, y los que nos dedicamos a la divulgación estaríamos más protegidos y cotizados. Ojalá algún día pueda hacerlo.



¿Qué hace usted para no dar por sentado que "sabe" y debido a ello no continuar aprendiendo?

Fíjese que cada vez me siento más ignorante. Es terrible, ¿sabe qué me gustaría?, pues volver a hacer una licenciatura. Cuando mis hijos comenzaron la primaria fue fantástico, porque a la hora de ayudarlos con las tareas pude volver a leer los textos y aprender. Ahora que estoy comenzando un programa nuevo de radio (El espacio de ciencia de la RED. Hacia el nuevo milenio, que se conduce junto con el ingeniero Luis Manuel Guerra, los miércoles a las 22 h. en el 110 de AM), tengo que entrevistar a especialistas. Por ejemplo, no sé nada de hidrocefalia y durante una semana he estudiado sobre ella y ahora, que finalmente logré leer las tomografías de las personas que la padecen y comprobar que se puede detectar el problema por medio del ultrasonido, ha resultado apasionante.



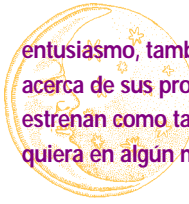
Usted ha realizado diversos trabajos para niños en publicaciones impresas, e incluso participó en el programa de televisión Bizbirije...

(Entre divertida y a manera de reclamo dice:) Ya no, sólo me invitaron una vez y fue maravilloso. Salía a la calle y los niños se lanzaban a abrazarme. No sabe, qué cosa. Comprendí que ellos no sólo habían prestado atención, sino que eso que yo les había platicado era de enorme valor. Resultó algo tan espontáneo y lleno de emoción, que ha sido uno de los grandes regalos de mi vida, y me encantaría que me dieran un minuto a la semana en el programa, pero no lo he logrado. Creo que se debe a que después de *Bizbirije* sigue otro que se llama *Beakman*, que es sólo de investigación científica, con muchos recursos y mucha imaginación. El único defecto que le veo es que no está hecho en nuestro país y muchos de los ejemplos son ajenos a la realidad mexicana.

Considero que para que una criatura entienda la ciencia, los experimentos deberían tener que ver con su vida y, muy en particular, en el caso de las niñas, porque hay un sesgo brutal en la enseñanza al usar sólo ejemplos para niños (Si avientas un balón...). Una de mis preocupaciones en la enseñanza de la ciencia ha sido usar ejemplos para niñas, como una muñeca, un mantel, botones, charolas para cubos de hielo, peceras, objetos que ellas han manipulado para que puedan entender. Así, el día que se interesen en la ciencia, después platicarán de ella a sus hijos y esos niños van a tener un entrenamiento crítico. Creo que es muy importante que entrenemos a las mujeres para que entiendan la ciencia, aunque no vayan a ser científicas, sino que, así como somos aficionadas a la música o la lectura, también seamos aficionadas a la ciencia.

Por otro lado, la televisión es algo fabuloso, y aunque en la de índole educativa se tienen pocos recursos, sin embargo, se hacen cosas extraordinarias. TV UNAM me invitó a realizar con ellos una serie, pero lamentablemente los problemas por los que atraviesa esta institución nos han impedido continuar. Cabe aclarar que es distinto divulgar que educar, pues hay divulgación que nada más es entretenimiento y otra que es la verdadera, y por medio de ésta la gente se informa de que en México se hace ciencia, y siente orgullo por algún científico, o entiende algo importante que también le sirve a un industrial para la productividad de su fábrica.

No cabe duda, al referirse a los niños, el rostro de la maestra Julieta Fierro no sólo se rejuvenece y su tono de voz recupera un nuevo




entusiasmo, también sus manos se liberan y escapan las anécdotas acerca de sus propios hijos o recomendaciones a mamás que se estrenan como tal. ¿Qué tienen de especial los niños, para que quiera en algún momento de su vida dedicarles su tiempo?

Es fácil enseñar la ciencia a los niños, porque no tienen ese prejuicio en contra de hacer preguntas. En mi opinión, las personas más difíciles en las conferencias de divulgación son los jóvenes de bachillerato de escuelas particulares, porque ellos creen que lo importante es presumir y no entender. Cuando me hacen una pregunta me doy cuenta de que alardean ante la novia o los amigos de que saben mucho; por ejemplo quieren que les diga en centímetros cuánto mide la última nave interplanetaria y, claro, no lo sé, y entonces ellos quedan como muy inteligentes. Pero en realidad lo importante es saber para qué está ahí, qué va a estudiar, en qué ayudará al avance de los conocimientos.

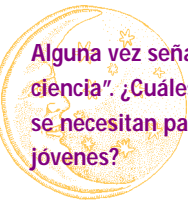
En cambio, los niños de primaria son auténticos, y fantásticos investigadores. No entiendo cómo la cultura los inhabilita tanto. He hecho verdaderos experimentos –en el buen sentido de la palabra– con ellos, para llevarlos al límite, y en la conferencia más reciente les hablé de cosmología, orillándolos a que me preguntaran cuál es la forma del universo, cuánto va a permanecer, cómo será su fin, y estos niños me han hecho las mejores preguntas. Una niña de una escuela de sordos quiso saber cuándo había nacido el Sistema Solar, que es una pregunta filosófica, y otro niño de kinder preguntó por qué son redondos todos los objetos celestes, planteamiento que se hizo Newton cuando descubrió que la fuerza de gravedad atraía todo hacia el centro.

Otra cosa que no sabemos los adultos, a diferencia de los niños, es decir “No sé”, pues nos da miedo reconocerlo. Ese es uno de los motivos por el cual los maestros no llevan a sus alumnos a los centros de ciencia ni a los lugares donde ésta se enseña, porque temen el momento en que les pregunten algo y ellos tengan que decir “No sé”. Las mamás también nos sentimos inseguras. Pero la única solución es darles libertad, aunque nuestra cultura nos impida hacerlo.



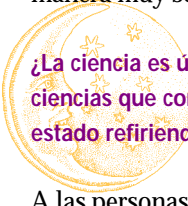
Usted ha dicho que los seres humanos somos curiosos, ¿contempla alguna posibilidad de que perdamos ese impulso?

Cómo no, considero que la cultura en la que crecemos es limitante. En el Distrito Federal casi todos vivimos en departamentos, las vacaciones de los niños son en época de lluvias, y para las mamás es muy difícil permitir que sus niños experimenten, porque no hay espacios, y lo mismo sucede en las escuelas. Esta es la realidad que impide que les permitamos seguir explorando.



Alguna vez señaló que “hasta con piedritas se puede enseñar ciencia”. ¿Cuáles considera usted que son las herramientas que se necesitan para aprenderla y posteriormente enseñar a niños y jóvenes?

Considero que los maestros de primaria y secundaria no reciben buena preparación. No aprenden ciencia ni cómo enseñarla, están muy desprotegidos y creen que se necesita un gran laboratorio. Desde luego me fascinaría que hubiera laboratorios extraordinarios en todos los niveles de escolaridad, con maestros que supieran usarlos, pero como la realidad nacional es otra, mi opinión es que podemos enseñar algunos aspectos de la ciencia literalmente con piedritas o pelotitas de manera muy sencilla.



¿La ciencia es única e indivisible, no tiene fronteras o hay varias ciencias que conforman un amplio campo al que nos hemos estado refiriendo?

A las personas nos gusta clasificar y ordenar. Así como en las casas dividimos los espacios, pero sigue siendo una sola casa, la ciencia, por comodidad, la hemos fragmentado, pero en el fondo es un solo gran esfuerzo por entender la naturaleza. Es tal la cantidad del acervo de conocimientos, que se ha tenido que fragmentar cada vez más y casi nadie sabe sino muy superficialmente de distintas disciplinas. También por eso es muy importante hacer divulgación, por ejemplo, si usted habla con un científico de otro campo se da cuenta de que la solución al problema que está tratando tiene que ver con un área totalmente diferente a la suya, y puede asociarse con otro científico para avanzar en su solución. Por eso es muy importante que haya revistas donde los científicos se comuniquen entre ellos.



VICTOR PEREDA

¿Qué tan multidisciplinarios son los científicos en sus proyectos de investigación? ¿Es necesario que lo sean para obtener mejores resultados?

Definitivamente todo depende del campo de estudio. Por ejemplo, en astronomía, la gente que se dedica a estudiar la vida extraterrestre debe conocer la biología, para saber por dónde buscar y evitar enfrascarse en búsquedas inútiles. En otras disciplinas la necesidad surge sin querer, hay un colega del Instituto de Astronomía, Jorge Cantó, que desde hace varios años se dedica a investigar sobre la formación de las estrellas, y se dio cuenta de que cuando se forma una, alrededor de ella aparece un anillito, el cual provoca que la materia expulsada por ésta salga en pequeños chorros que luego la rodean. Un día vio una foto de una erupción del Popocatepetl y se dijo “Se parece mucho a los modelos superteóricos que estoy haciendo”, entonces se alió con varios investigadores de geofísica y esos modelos ya se están usando para estudiar el Popo. Jorge Cantó se hizo geofísico por necesidad, cuando se dio cuenta de que sus investigaciones servían para otras cosas. En este sentido la ciencia es única y lo esencial de ella es válido para todos los campos.

Por años, el área de estudio de la maestra Fierro ha sido la materia interestelar, es decir, el gas y el polvo que se encuentran en el espacio, pues le parece importante que a lo largo de la vida del universo, éste haya ido formando diferentes elementos químicos, midiendo los cuales, asegura la investigadora y coautora de La familia del Sol (FCE), se puede entender cómo ha sido su evolución: “Para ello he tratado de entender cuáles son las teorías que existen acerca del Universo, cuál es el proceso por el que las estrellas forman sus elementos químicos, cuánto tiempo dura su vida, cómo arrojan esas sustancias en el espacio, con qué frecuencia, y cómo se mezclan, y después tratar de medir lo anterior; para ello hay que tener un instrumento y saber usarlo.”

¿A qué lugares le gusta dirigirse para ver las estrellas, descansar o difundir y enseñar la ciencia?

A donde me inviten. Recientemente estuve en Australia y ver el hemisferio sur es una experiencia muy bonita. Vivía en el observatorio y los investigadores me enseñaban el cielo, que es muy distinto al del norte; ya lo había visto antes, cuando estuve en Argentina y en Sudáfrica, pero, insisto, entre más ve uno, más aprende.

¿Qué sentimiento le despierta el hecho de que la astrología siga teniendo ascendencia en la sociedad?

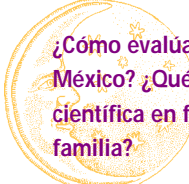
Hasta ahora no me había dado cuenta del grado en que esto está sucediendo, pero acabo de regresar de un foro que realizó la UNESCO en Hungría, donde se llevaban estadísticas y se veía a qué grado están ganando rápidamente adeptos todas las pseudociencias. En apariencia, una de las razones es que se considera que la ciencia es malévola, responsable de la contaminación y del daño ecológico brutal en las selvas, y en todo el mundo se está presionando a los gobiernos para que inviertan menos en trabajos científicos. Por ello tenemos que informar sobre qué es realmente la ciencia, para que las personas se den cuenta de que sus aplicaciones, como cualesquiera de las herramientas que haga el hombre, se pueden usar para el bien o para el mal. Un astrónomo diseña un telescopio para observar el universo, pero un militar puede usar ese mismo telescopio para aniquilar a alguien. Esta situación es muy preocupante y una de las responsabilidades de los gobiernos es dedicar más recursos a la educación y a la divulgación de la ciencia.

¿Hasta qué punto es responsable el científico del uso que se le da a sus descubrimientos?

Creo que una de las fuerzas de la ciencia ha sido socializar los conocimientos, y por eso ha avanzado. Un científico no sólo tiene que hacer un descubrimiento, es preciso que lo publique y lo someta a la consideración de otros científicos, porque así es como se fortalece el conocimiento. La fuerza de la ciencia es que se va autocorrigiendo y automejorando cuan-

do socializa los conocimientos, pues su fuerza consiste en compartir las ideas y esto la pone a disposición de cualquiera.

En ese sentido, los divulgadores de la ciencia necesitamos proteger nuestro gremio, a manera de ser profesionales de la divulgación, valorados y cotizados por la comunidad, y poder trabajar en dos frentes. Por un lado, con científicos que sepan de comunicación y, por el otro, entrenar a los que saben de los medios para que conozcan un poco de la ciencia. Sé que en los Estados Unidos muchos científicos trabajan al lado de un comunicador, porque se dan cuenta de que el trabajo queda mejor. Es necesario especializarnos y, además, trabajar en equipos, lo cual también es difícil porque en la escuela nos enseñan a hacerlo de manera individual.



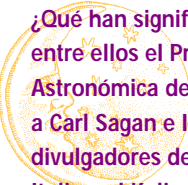
¿Cómo evalúa el panorama de la divulgación que se realiza en México? ¿Qué más hace falta para fomentar la conciencia científica en funcionarios, académicos, estudiantes y padres de familia?

Es algo muy difícil porque la Secretaría de Educación Pública es un gremio relativamente cerrado, en el que ellos mismos forman a sus maestros, que son la gran fuerza. En cuanto al Estado, por fortuna la nueva Ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica incluye la divulgación de la ciencia, lo cual es fabuloso. Sería importante que los industriales comenzaran a incorporar a los científicos en sus plantas, y que se den cuenta de que pueden competir mejor si ellos mismos producen sus propias innovaciones.

Respecto al panorama de la divulgación no se sabe en qué proceso estamos. Lo que sí sé es que todos los periódicos deberían tener una sección de ciencia, y también muchos de los canales culturales, igual que debería haber una estación de radio dedicada a la ciencia o por lo menos una nueva dedicada a los niños, en donde se incluyan noticias científicas. También necesitamos revistas científicas para todos los niveles, para niños, para jóvenes de secundaria y de preparatoria, y todas ellas con complementos para los maestros, porque obviamente un maestro se siente desprotegido si le llega un niño con una pregunta que no puede contestar.

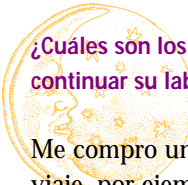
Necesitamos también que haya un centro divulgador de la ciencia en cada estado de la República, sin que sea copia

de lo que hay en el Distrito Federal, así como museos y talleres, donde los niños puedan ir a aprender a construir un robot o usar una computadora. Se trata de que sean museos vivos con exhibiciones itinerantes y que tengan sistemas de apoyo al magisterio, es decir, que el maestro lo sienta como su escuela, su herramienta de ayuda en la práctica docente.



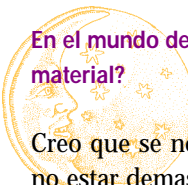
¿Qué han significado para usted los premios que ha recibido, entre ellos el Premio Klumpke Robert de la Sociedad Astronómica del Pacífico (mismo que en su momento se otorgó a Carl Sagan e Isaac Asimov, dos de los más grandes divulgadores del siglo XX), la medalla de oro Simon Robins de Italia y el Kalinga de la UNESCO, que recibió el año pasado?

(Emocionada, precisa) “Además me nombraron La Mujer del Año en Guadalajara, Jalisco. Todo ello significa muchas cosas, primero, una gran felicidad, pero también la enorme responsabilidad de hacer bien mi trabajo, que de ninguna manera puede ser al “Aí se va”. A lo que me he tenido que enfrentar es que, debido al ambiente de corrupción que existe en México, algunos colegas creen que las distinciones se las dan a uno porque conoce a tal o cual persona del jurado, pero el que sean de países tan distintos me demuestra que lo que hago vale la pena.



¿Cuáles son los estímulos de que usted misma se provee para continuar su labor científica?

Me compro un libro o música buena, o cuando he salido de viaje, por ejemplo a recibir esos premios, me voy a cenar riquísimo a un restaurante. Ahora que estuve en Australia fui invitada, por ser la Presidenta de la Comisión de Educación de la Unión Astronómica Internacional, a la ópera dos veces y bebí dos copas de champagne en el intermedio. Sí, me apapacho. Me compro flores, me voy a los museos.



En el mundo de un científico, ¿qué importancia tiene la riqueza material?

Creo que se necesita un mínimo de bienestar material para no estar demasiado preocupado por la sobrevivencia diaria, sentir que estamos protegidos para vivir una vida más o me-



nos cómoda, que tenemos fondos suficientes para cumplir con nuestros compromisos internacionales, pues lo contrario produce malestar. Pero en un país tan pobre como México, nosotros somos privilegiados, aunque si comparamos nuestros salarios con los de científicos de otras partes del mundo, seguimos siendo pobres.

Tal vez el tipo de satisfacciones que uno obtiene de la ciencia compensa con creces la falta de ciertos bienestar materiales, porque es apasionante y divertido lo que hacemos. Mis hijos me lo dicen “Tú, mamá, te vas a trabajar feliz. Cuando sea grande quiero un trabajo como el tuyo”, y ante esto me digo “La vida me ha dado muchísimo, he vivido con comodidad, pero claro que también me gustaría recibir más salario.”

¿Cómo evalúa el panorama de la astronomía mexicana en el plano mundial?

Es muy buena, somos pocos los astrónomos, pero generalmente muy importantes. Tenemos una tradición milenaria. Ahora que estuve en Viena me di cuenta de que los países europeos le sacan mucho mayor jugo a las glorias del pasado, en tanto que nosotros no consideramos como ventaja el hecho de que siempre hemos sido unos buenazos como astrónomos; entonces hay que seguir haciendo ciencia porque hemos sabido hacerla. Igual ocurre con la divulgación, ya tres mexicanos tenemos el premio Kalinga que otorga la UNESCO, un premio que se entrega en París, y eso nos dice que somos muy buenos, pues aunque somos pocos, no significa que nuestra ciencia sea mala.

¿Qué reditúa a los mexicanos la astronomía?

Primero, produce emoción saber de las galaxias y las estrellas y es una gran satisfacción entender las leyes de la naturaleza –a los aztecas les sirvió de mucho saber que el Sol no se iba a apagar, que aparecería al día siguiente. Con la ciencia

pura nunca se sabe cuando va a tener algún efecto tecnológico, por ejemplo, algo que no es mexicano pero resulta muy apropiado, es el caso de los astronautas que tuvieron que salir a reparar el telescopio espacial, y como debían trabajar fuera de la nave durante ocho horas, no podían entrar a hacer pipí y volver a salir, porque quitarse el traje espacial es una locura, entonces les hicieron unos pañales especiales, esos que ahora conocemos y utilizamos para los bebés.

Los países desarrollados invierten en ciencia básica porque saben que a la larga trae desarrollo tecnológico y éste fortalece su industria y su nación, porque para que haya bienestar se necesita generar riqueza. En nuestro caso nos hace falta un telescopio óptico, pues la información nos llega del espacio y es muy difícil ir a los astros, por lo que necesitamos interceptar la radiación, es decir, la luz que de ellos nos llega para ver qué está ocurriendo y poder interpretar la información que nos envían.

¿Se considera una científica exitosa? Si es así, ¿qué características propias la han llevado a serlo?

Me considero una divulgadora exitosa de la ciencia. Me encanta la ciencia, me gusta regalar, y en esto cabe el regalo del conocimiento. Después, el hecho de haber trabajado de intérprete durante mucho tiempo me ayudó a traducir y, un divulgador traduce el lenguaje de la ciencia a uno cotidiano. Por otro lado, cuidé a mis hermanos de pequeños, y con ellos aprendí a explicar las cosas de manera sencilla.

A decir de la maestra Julieta Fierro aún le falta aprender más sobre cuestiones de cómputo, ya que la invasión del Internet es tremenda, “y si queremos preservar nuestra cultura necesitamos generar más documentos y materiales multimedia en las redes de cómputo, pues parte de la cultura se transmite mediante la palabra y necesitamos preservar la nuestra, escribiendo más cosas en español”. Por lo pronto, hasta aquí dejamos nuestra conversación que bien podría durar horas enteras. Con dos chocolates, una amplia sonrisa y un abrazo como regalo, esta divulgadora, que también ha participado en las exposiciones del museo Universum me despide hasta la puerta del elevador. 🌟

El desarrollo tecnológico como pilar de la producción en la industria del calzado

LAURA ROMERO MIRELES



Piel terminada de avestruz.

Algunos de los objetos que utilizamos tienen una historia que se remonta a miles de años, hasta los primeros tiempos. Cazador por excelencia, el *Homo erectus*, la especie primitiva de hombre que vivió hace 300 mil años, dormía sobre pieles de animales, se envolvía en ellas para calentarse, y pronto aprendió a curtirlas para que no se endurecieran ni pudrieran. Considerando lo anterior podría resultar extraño decir que al hombre le que-

da todavía mucho por aprender en lo que concierne al tratamiento y empleo de la piel, tanto como para organizar una institución especializada en esta materia. El acierto de realizarlo, sin embargo, queda de manifiesto con la experiencia lograda por el Centro de Investigación y Asesoría Tecnológica en Cuero y Calzado (CIATEC), perteneciente al sistema SEP-Conacyt, que apoya con éxito el desarrollo de la industria del ramo, en pleno crecimiento en nuestro país, mediante el otorgamiento de una amplia gama de servicios tecnológicos.



Esteban Villanueva,
director general del
CIATEC.

Equipo de medición
computarizada de
resistencia y
elongación de
materiales usados
para fabricar
calzado.



Bajo principios de eficacia y oportunidad, la misión del CIATEC es dar solución a los problemas relacionados con la calidad, la productividad, la competitividad y el efecto ecológico de la cadena productiva cuero-calzado. Se trata de un Centro que desde su fundación, hace 23 años, basa sus tareas en las necesidades de los industriales, quienes, a su vez y no sin esfuerzo, se han percatado de que el desarrollo tecnológico debe ser el pilar de la producción en sus empresas.

El ingeniero Esteban Villanueva, director general del CIATEC, con sede en León, Guanajuato, comenta que el Centro nació por iniciativa del sector zapatero, para dar solución a problemas tecnológicos de la industria del calzado y la curtiduría y

para capacitar recursos humanos, que son algunas de sus funciones.

Grandes, medianas, pequeñas y micro empresas

El curtido de la piel de animal para la fabricación de sandalias, escudos y otros objetos era una operación de gran importancia en el antiguo Egipto, sobre todo en Tebas, donde los curtidores tenían su propio distrito, pero también israelitas, griegos y romanos fueron pueblos que, junto con muchos otros, antiguos y modernos, se han servido de la curtiduría para múltiples usos.

En México, en la actualidad, la industria del cuero y del calzado está en auge, pues tras la crisis económica de finales de 1994 el número de empleos, las empresas y la productividad no sólo se han recuperado sino que se hallan en pleno crecimiento. Según informes publicados por la Cámara de la Industria del Calzado del Estado de Guanajuato (CICEG), el 52% de la producción nacional se encuentra en esa entidad; por ello, el CIATEC, ejemplo sobresaliente de vinculación con la industria, tiene su sede en la ciudad de León, y para abarcar el resto del territorio nacional cuenta con oficinas de representación en Guadalajara (con el 22% de la producción) y la ciudad de México (con 16% junto con zonas como San Mateo Atenco, en el Estado de México). El restante 10% está repartido en otras 17 entidades, fundamentalmente Nuevo León, Vera-cruz, Hidalgo y Yucatán.

El sector está conformado por cerca de cuatro mil empresas, 93% pequeñas y micro; sólo el 0.6% lo forman grandes fábricas, de acuerdo con la nueva estructura de clasificación por tamaño de empresas publicada por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (Secofi) en el *Diario Oficial* de la Federación, del mes de marzo. La producción nacional de calzado, según información de la CICEG, ascendió en 1998 a 213 millones de pares, de la cual el 16.4% –35 millones de pares, equivalentes a 367.5 millones de pesos– se exporta en su mayoría (72%) a los Estados Unidos, el consumidor de calzado más grande del mundo.

La competencia mundial es fuerte, pues en el mercado participan China (productor de zapatos económicos), Italia

(creador de calzado de alto diseño), España, Brasil y Filipinas, entre muchos otros países. En México existe un amplio espectro en cuanto al grado de desarrollo tecnológico, e incluso algunas empresas exportan productos a Italia, otras maquilan para reconocidas marcas mundiales, y por otro lado, hay varias que fabrican los zapatos artesanalmente.

Zapatero a tus zapatos

El Ciatec, dedicado a incrementar la productividad y los sistemas de manufactura del sector, tiene una ventaja sobre otros centros similares en el ámbito mundial, va de la “A” a la “Z”, es decir, abarca de manera integral la cadena productiva cuero-calzado, desde la fabricación de los insumos para la producción de la piel hasta la comercialización de los zapatos. Para ello trabajan 106 especialistas (82% de personal técnico), y existen laboratorios de diseño y desarrollo de productos, así como de ingeniería electrónica, hidráulica, eléctrica y neumática; una planta piloto semindustrial de curtiduría; un área de mantenimiento industrial; ocho aulas equipadas para capacitar al personal, y el centro de información especializado en cuero y calzado más importante de América Latina, que son tan sólo algunos botones de muestra de la amplia infraestructura con que cuenta el CIATEC para hacer frente a la actual revolución tecnológica, y además, a la competencia que se inició con la apertura comercial de México.

La estrategia general del CIATEC consiste en “desarrollar y ofrecer productos y servicios tecnológicos con confiabilidad, oportunidad y eficiencia, acordes con las necesidades presentes y futuras de la cadena productiva cuero-calzado, que incrementen la velocidad de respuesta al mercado, la calidad de sus productos y la productividad de sus operaciones, y reduzcan sus efectos en el ambiente, con márgenes razonables que aseguren la continuidad y el crecimiento sustentable del Centro”.

Esta estrategia es un proceso continuo basado en las necesidades de la industria, con objeto de que el Centro incremente la competitividad de la misma, para ser reconocido nacional e internacionalmente por su nivel de servicios y efectividad, todo ello enmarcado en un proceso de mejora continua. Se

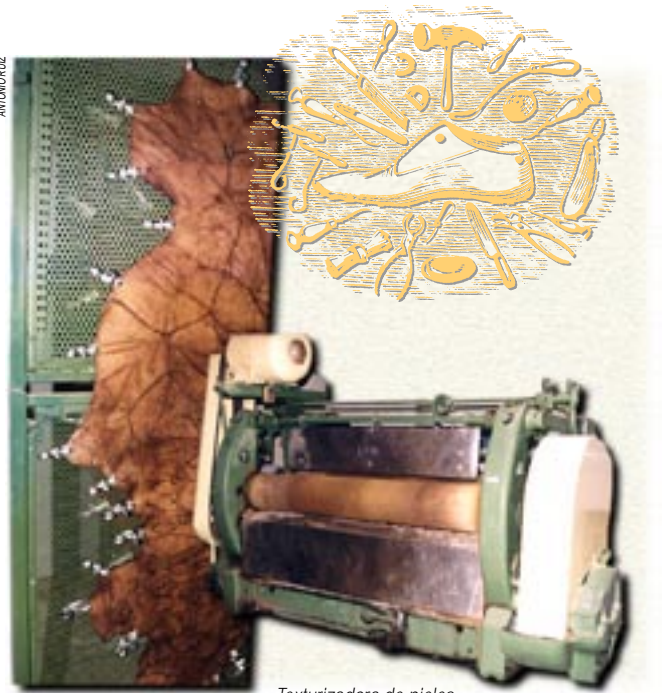
considera en primer lugar un mercado que presenta necesidades diversas en campos específicos, así como cuatro servicios tecnológicos que consisten en laboratorio y análisis, capacitación, asesoría e investigación y desarrollo. Los servicios de laboratorio y análisis, así como la capacitación, constituyen la base para impulsar programas de mayor contenido tecnológico en las actividades que realiza el CIATEC, y son los que proporciona fundamentalmente a la industria para permitir que las empresas alcancen niveles superiores de desempeño.

Una vez superadas estas dos etapas básicas se pueden llevar a cabo programas de asesoría tecnológica con duración cada vez mayor, a fin de solucionar problemas de más complejidad y alcance que afectan sustancialmente la competitividad de las empresas. Lo anterior permite asimismo fomentar la participación de la industria en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico que respondan a sus necesidades reales. Sin embargo, para el Centro, influir positivamente en el desarrollo de la industria no ha sido tarea fácil, debido a que “el empresario mexicano no está habituado a invertir en desarrollo tecnológico, porque no ha saboreado las mieles de sus beneficios”; por ello, lo primordial ha sido captar el interés de los industriales por la tecnología, afirma el ingeniero Villanueva.

Dicha tarea no se relaciona con el tamaño de las empresas, ya que hay industrias grandes que ni siquiera llevan control de calidad, o pequeñas que invierten en desarrollo tecnológico y mejoran así sus procesos y la calidad de sus productos. Esto depende en gran medida del grado de sensibilidad del empresario. El CIATEC ha participado desde 1994 en este proceso de “sensibilización”, encabezado por el ingeniero Villanueva, y en la actualidad la mitad de los empresarios del ramo en el país (dos mil) adquieren en forma anual algún servicio.

Cabe destacar que el Centro cuenta con títulos de registro de la marca CIATEC (vigentes hasta el año 2006), pues como afirma su director general se “busca que el calzado mexicano, sobre todo el normado, como el de seguridad, lleve nuestras etiquetas de certificación, pues queremos ser avales de calidad”. Además, la institución pertenece a la red secundaria de laboratorios de metrología que se instituyó dentro de los centros del sistema SEP-Conacyt. Asimismo, para avalar la calidad de los productos y acreditar la confiabilidad y confi-

Equipo de estiramiento y secado de pieles.



Texturizadora de pieles.

dencialidad de sus resultados, el CIATEC espera convertirse, durante el tercer trimestre de 1999, en “el primer organismo del sistema SEP-Conacyt en fungir como certificador de la Entidad Mexicana de Acreditamiento (EMA), es decir, como organismo certificador del Consejo de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (Conocer)”.

Otra línea es la asistencia técnica y el desarrollo tecnológico en materia ambiental. El Centro trabaja en minimizar la emisión de contaminantes, modificando los procesos de producción, especialmente en la industria curtidora, cuya naturaleza hace necesario desarrollar mayores esfuerzos que en la del calzado.

Solución integral

Son variados los servicios requeridos por los empresarios, que atienden los técnicos y asesores del Centro. Al hacer el diagnóstico tecnológico de una empresa primeramente se revisan sus estados financieros, “para determinar dónde se encuentra el dinero que es la sangre que le da vida al negocio”. Sólo si ese recurso está “congestionado” en un área del proceso que pueda optimizarse con los conocimientos tecnológicos del CIATEC, entonces se sugieren estrategias de mejora al sistema de producción, que al final lleven al empresario a obtener mayores ganancias. El ingeniero Villanueva refiere que se han registrado casos en que la productividad de algunas empresas asesoradas por el CIATEC se ha incrementado en un 300%, aunque en promedio los aumentos que se logran son aproximadamente del 50 por ciento.

Para atacar el problema de la productividad de una empresa de manera integral, el CIATEC brinda anualmente 60 cursos de capacitación en sus aulas (metrología y calidad, proceso de curtido, ambiental, marroquinería y vestimenta, diseño y modelado de calzado, mantenimiento industrial, producción de calzado, informática e Internet, y pruebas de laboratorio por mencionar sólo algunos). Además, se ofrecen cada año alrededor de 150 cursos a los empleados, con la maquinaria de que disponen, en su lugar de trabajo y sus diseños, etc., lo cual permite alcanzar máximos resultados en un mínimo de tiempo y asegurar su implantación en la industria.

Por otra parte, para apoyar el desarrollo de una cultura

basada en la calidad, se ha asesorado la instalación de cerca de 25 laboratorios en varias de las empresas, ya que “el control de calidad lo deben llevar en la planta para que la toma de decisiones sea inmediata”, asegura el entrevistado. Cuando eso no es posible, el CIATEC se encarga de hacer al calzado y demás materiales 55 pruebas físicas, que consisten en despegado, flexiones de la suela en seco y húmedo, resistencia del acabado de la piel y elongación, desgaste de suelas y agujetas, absorción de agua, calidad del hilo para el pespunte o cosido, y en el caso de calzado de seguridad dieléctrico (que aísla la corriente eléctrica), pruebas a los cascos de acero, entre muchas otras. Además se llevan a cabo más de 200 pruebas químicas, como medición de grasa en la piel, flexibilidad, grado de curtido y de conservación, etc., con técnicas de cromatografía de gases, líquidos, espectrofotometría de infrarrojo, calorimetría diferencial. En 1998 se realizaron 28 mil pruebas.

Internacionalización y desarrollo

El ingeniero Villanueva informa que el número de asesorías realizadas –con una duración promedio de 200 horas– creció de 100 en 1994 a cerca de 500 el año pasado. De los 600 clientes que formaban la “cartera” del Centro hace cinco años, más del 60% no volvía por otro servicio, pero desde 1998 el mismo 60% de los clientes contrató dos o más servicios y un 20% de ellos (400 clientes) adquirieron más de seis en el año. El número de empresas atendidas ascendió a cerca de dos mil, las cuales adquirieron más de 6 800 servicios. El gran reto es lograr que cada vez un número más grande de empresarios inviertan mayores recursos en desarrollo tecnológico.



Ensambladora automatizada de suelas.

Cromatógrafo de gases.

En 1993 “la distribución de nuestros ingresos de acuerdo con los productos que comercializamos correspondía en 80% a capacitación y servicios de laboratorio, y el 20% a asesorías. En 1998 el 58% provino de capacitación y servicios de laboratorio, 29% de asesorías y 13% de investigación y desarrollo. Durante el último lustro, el Centro ha crecido a un ritmo de 35% anual en términos reales, y del extranjero proceden en los últimos años entre el 12 y el 15% de los ingresos. Y es que el CIATEC no sólo “vende soluciones” a la industria mexicana del cuero y el calzado. Sus servicios se extienden por todo Centro y Sudamérica, con excepción de Brasil, que cuenta con centros similares, y el Caribe, para lo cual posee dos oficinas de representación, una en Lima, y otra en Quito. Además, ahora estos servicios se prestan también en Europa.

Para los países europeos el CIATEC verifica la calidad de los productos que se importan desde México e impulsa la exportación del calzado nacional, y así, se ha establecido como uno de los mejores centros mundiales en el sector de cuero y calzado, como lo señala una gran cantidad de empresarios y tecnólogos de la industria que lo visitan anualmente como una parada obligatoria en sus misiones comerciales. Los principales clientes del CIATEC en México no sólo provienen del sector cuero-calzado (Grupo Batta –Sandak–, Grupo Flexi, Compañía Manufacturera de Calzado Emyco, Calzado Quinelli, entre otros); 5% de sus ingresos procede de su alianza con otros organismos y empresas, como General Motors, Petróleos Mexicanos, la Secretaría de la Defensa Nacional, la Comisión Federal de Electricidad, Shell, Danone, etc. Eso es posible gracias a que el Centro es reconocido en su área de ingeniería industrial, en procesos de calidad total y en sistemas de manufactura “justo a tiempo”, necesarios en cualquier industria.

La competencia

Es difícil competir contra el genio italiano para diseñar calzado o la mano de obra barata de los chinos; empero, nuestro país tiene una ventaja natural, la cercanía con el mercado más grande de zapatos del mundo, pues los Estados Unidos, están a sólo diez horas en camión y dos horas en avión.

Es bien sabido que México cuenta con el potencial para convertirse en uno de los exportadores más importantes de calzado en el mundo, siendo su ventaja primordial la privilegiada situación geográfica, así como el *cluster* industrial del sector calzado, en la ciudad de León, Guanajuato, concentración única en México, y en muy pocas regiones del mundo.

Para fortalecer la ventaja comparativa del país (lograr el mínimo de tiempo de respuesta en el desarrollo de los productos), se trabaja en integrar la cadena productiva bajo un esquema de “justo a tiempo”, que incluye todos sus eslabones anteriores –piel, químicos y materiales básicos. La estandarización de tales componentes es un factor clave para el desarrollo acelerado de esta industria en México, y bajo la coordinación del CIATEC se ha trabajado al respecto desde 1997, sentando las bases para su empleo durante el presente año en calzado de dama, toda vez que los fabricantes que indistintamente utilizaban hormas y otros elementos con medidas italianas, españolas, norteamericanas o mexicanas, ahora podrán reducir sus costos y tiempos de producción gracias a que las dimensiones de dichas hormas, plantas, suelas, tacones, plantillas y otros componentes serán los mismos. Esta estandarización se inició con el calzado de dama, ya concluida, pero ahora se continúa con la del calzado de caballero y, posteriormente, se trabajará con el de niño. Cabe mencionar que el consumo per cápita del mexicano en general es de dos pares de zapatos al año, en promedio.

Con estas y otras acciones, como el funcionamiento de un sistema de comunicación entre compradores, fabricantes y proveedores, será factible que los zapatos mexicanos tengan mayor utilización mundial, y en el caso de los compradores estadounidenses, éstos contarán con la ventaja de comprar un calzado que no ha esperado un mínimo de seis meses para ser producido y transportado, como sucede en el caso de Chi-

Biblioteca especializada
en temas relacionados
con la industria del cuero
y el calzado.



na, y que en consecuencia no tendrá costos tan elevados por inventario. Si uno de los productos tiene buena aceptación existirá la posibilidad de contactar al empresario mexicano y en una semana llenar otra vez las bodegas para así arriesgar menos. “De lograrlo –afirma el ingeniero Villanueva– contaremos con un 50% de mercado virgen.”

El que sabe, sabe

En los últimos años el CIATEC ha llevado a cabo infinidad de proyectos de investigación y tiene en puerta muchos más, todos ellos con la intención de ampliar el mercado. Tal fue el caso de un pequeño empresario fabricante de hormas, que quiso exportar su producto, y para lograrlo, el Centro, basándose en las necesidades del mercado, diseñó un proyecto en el que se cambió el polietileno de baja densidad por otro de alta densidad que cumpliera con los estándares internacionales; el éxito económico fue absoluto y hoy los pedidos llegan de todas partes del mundo.

Otro ejemplo es el de una empresa familiar que se arriesgó e invirtió en un proyecto para desarrollar el procedimiento tecnológico de una nueva línea de látices para la fabricación de acabados en piel. En la actualidad es poseedora de una línea con cualidades de secado y adherencia muy competitivos, los cuales le han abierto las puertas a mercados a los que no tenía acceso. Así, la creencia de que los micro y pequeños empresarios no invierten en tecnología fue desmentida, pues en el periodo de 1994 a 1998 el número de proyectos de investigación y desarrollo creció de cero a 17.

El CIATEC también tiene proyectos relacionados con la toxicología e higiene laboral, y un ejemplo de ello es el que se refiere a la rinitis, un síntoma de la exposición a polvos de cromo. Asimismo, durante dos años, en todo el territorio nacional, integrantes del Centro capacitaron a los fabricantes de calzado y obreros, principalmente de micro y pequeñas empresas, en el uso y manejo adecuado de adhesivos con base de solventes, desde el punto de vista técnico-productivo y sanidad en el trabajo, a fin de evitar la adicción involuntaria, proyecto patrocinado por el FISL, un fideicomiso formado por asociaciones de productores de estos materiales.

La tendencia de crecimiento del sector en nuestro país es

bueno. De 1994 a 1998 la producción de calzado creció 0.21 veces, en tanto que la exportación se incrementó en 5.8 veces. Otro indicador es que en 1994 se exportó el 2.9% de la producción (principalmente de botas vaqueras) y ésta ascendió al 16% en 1998, cuando el 62% del calzado exportado fue de corte de cuero, en diversos tipos, con un precio promedio de 15 dólares el par, en contraste con un precio promedio de cerca de 10 dólares en 1994. En 1998 el 76% de la producción se exportó a los Estados Unidos, el 3% a Canadá, el 1% a Europa y el 20% a Centro y Sudamérica, cumpliendo los altos estándares de calidad exigidos por los mercados internacionales; sin embargo, si en los próximos cinco años México no logra alcanzar un 50% de la exportación del producto podría encontrarse en graves problemas, considera el ingeniero Villanueva.

El CIATEC, criticado en ocasiones por “no hacer ciencia”, es un factor indispensable para el desarrollo del sector industrial del cuero y el calzado. De no existir este Centro la productividad, la calidad, la capacitación y la competitividad de las empresas se verían disminuidas, y la meta de exportar la mitad de la producción sería imposible de alcanzar. ●

Cromatógrafo de gases (detalle).



Los miembros de la expedición (siempre de izquierda a derecha, empezando por abajo): María Guerrero Rubio (UNAM), Noemí Canales Cáceres (UNAM), Leonardo Ortiz Lozano (UNAM), Margarita Hermoso Salazar (UNAM), Jorge Castro Sánchez (UNAM), Víctor Ochoa Rivera (UNAM), Alejandro Granados Barba (UNAM), Héctor Reyes Bonilla (UABCS), Jorge Romero Contreras (UNAM), Lillana Rives Romero (UAM), Johanna Morales Whitney (UNAM), Antonio Frausto Castillo (UNAM), Vivianne Solís Wolfowitz (UNAM), Antonio Márquez García (UAM), Miguel A. García Salgado (UNAM), Pablo Hernández Alcántara (UNAM), Christian Jost (UFP), Angel Jiménez Illescas (CICIMAR), Juan P. Carricart Ganivet (ECOSUR) y Adrián Medina Cárcamo (UNAM).

El atolón de Clipperton

Aspectos históricos y ecológicos

HECTOR REYES BONILLA, JUAN P. CARRICART GANIVET,
VIVIANNE SOLIS WEISS Y ALEJANDRO GRANADOS BARBA

México ha sido un país privilegiado, rico en sitios históricos y arqueológicos, a la vez que cuenta también con paisajes naturales de magnífica belleza y con gran variedad de ecosistemas de enorme importancia por su diversidad biológica. Generalmente, cada una de estas características se considera por separado, ya que rara vez una localidad particular es relevante bajo todos los puntos de vista; sin embargo, entre los lugares que sobresalen tanto por su interés histórico como por sus características naturales fuera de lo común se encuentra la isla Clipperton, también conocida como Isla de la Pasión, pequeño territorio que actualmente pertenece políticamente a Francia,¹ y está ubicado en los 10° 18' N y 109° 13' O (véase fig. 1), constituyendo la porción emergida de un pequeño atolón coralino de forma ovalada, con cuatro km de diámetro y 3.7 km² de extensión arrecifal. Su posición geográfica lo hace el punto más alejado del macizo continental dentro de la región biogeográfica del Pacífico oriental (que incluye toda la costa occidental del continente americano), por lo que es un sitio clave para el estudio de la distribución de las especies marinas de esta zona, al representar un puente de colonización de faunas y floras entre Asia y América.

Además de su importancia ecológica, Clipperton es el último territorio mexicano que se perdió ante una gran potencia, cuando el Rey de Italia, árbitro de la disputa diplomática por la isla entre México y Francia, concedió la posesión a los europeos después de pensarlo durante 21 años, para obtener beneficios propios en época posterior a la primera Guerra Mundial.¹ Precediendo este desenlace legal, México había hecho uso de la isla desde mediados del siglo XIX, siendo el único país que ha mantenido asentamientos humanos en la misma (véase cuadro I). En esos tiempos, el gobierno concesionaba la explotación de guano (excremento de aves marinas rico en fosfatos y muy apreciado como fertilizante) a compañías de los Estados Unidos e Inglaterra, pero a partir de 1905, los que serían los últimos destacamentos que nuestro país conservaría en Clipperton para afirmar su soberanía, estuvieron bajo las órdenes del capitán Ramón Arnaud Vignon (1880-1916), oficial nacido en Orizaba, Veracruz.

Las tragedias ocurridas a estos marinos y a sus familias cuando fueron dejados a su suerte y olvidados en Clipperton de 1914 a 1917, a causa de la Revolución Mexicana y las invasiones al territorio nacional, han sido documentadas y narradas en varias publicaciones,^{1,5} pero sólo detallaremos aquí que de un grupo inicial aproximado de 40 personas enviadas por el gobierno mexicano en 1914 (12 hombres de tropa, su comandante Ramón Arnaud, algunas mujeres, en su mayoría esposas de los militares, y unos 12 niños), sólo sobrevivieron cuatro mujeres y siete niños, quienes fueron rescatados cuando el barco de guerra USS Yorktown llegó por casualidad a la isla en 1917. La infortunada guarnición había sido diezmada principalmente por escorbuto y en menor medida por otras enfer-

medades y accidentes, por ejemplo, cuatro de los últimos cinco hombres que permanecían allí fueron devorados por los tiburones a la vista del resto de la población. Luego de esto, las mujeres y los niños no quedaron solos, sino que tuvieron que sufrir los delirios de grandeza y abusos de todo tipo por parte del último marino habitante de la isla, quien por un año se declaró Rey de Clipperton, con derechos sobre vidas y posesiones de las demás personas, hasta que fue muerto por las mujeres, dirigidas por la esposa del capitán Arnaud.



Los cangrejos terrestres del género Geocarcinus están presentes por millares en la isla.



Vivianne Solís con la Roca Clipperton al fondo.

Cuadro 1

Cronología de eventos históricos ocurridos en Clipperton (González Avelar, 1992)

- 1526 15 de noviembre. Descubrimiento de la isla Clipperton por navíos españoles que zarparon de Zihuatanejo, bajo las órdenes de Alvaro Saavedra.
- 1665 Establecimiento de la ruta comercial de Filipinas a México, que se utilizó por casi 250 años, tocando las inmediaciones de Clipperton en cada viaje.
- 1705 Febrero. El pirata John Clipperton visita la isla, supone haberla descubierto y publica su hallazgo en Inglaterra.
- 1711 3 de abril. Buques mercantes de Francia bordean la isla, la localizan geográficamente, la nombran Isla de la Pasión y van a Hawaii a registrarla como descubrimiento francés.
- 1825 Se publica, por orden del presidente Guadalupe Victoria, el primer mapa oficial de la República Mexicana, en donde aparece Clipperton formando parte del territorio nacional.
- 1898 8 de enero. Por derecho de descubrimiento, Francia presenta a México el primer alegato sobre posesión de la isla.
- 1906 10 de octubre. El ministro de Francia propone someter a un arbitraje internacional la soberanía de la isla, solicitud que es aceptada hasta 1909.
- 1917 18 de julio. Los sobrevivientes de la guarnición mexicana destacada en la isla son rescatados por marinos estadounidenses.
- 1931 28 de enero. Laudo arbitral del rey de Italia, Víctor Manuel III, quien otorgó a Francia la soberanía de Clipperton.
- 1934 10 de enero. El *Diario Oficial* de la federación publica la modificación al artículo 42 de la Constitución Mexicana, donde se suprime a Clipperton como parte del territorio mexicano.
- 1935 27 de enero. El crucero francés Jeanne d'Arc toma posesión de la isla.

En este siglo, la isla Clipperton ha sido visitada repetidamente por investigadores estadounidenses y franceses, quienes han publicado observaciones y datos sobre la historia natural de sus especies.^{2,3,4,6} Sin embargo, la primera expedición científica mexicana al atolón se llevó a cabo en noviembre de 1997; se trata del primer crucero oceanográfico correspondiente al proyecto institucional SURPACLIP, patrocinado por el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y realizado a bordo del B/O El Puma. Esta iniciativa contó con la participación de científicos de cinco instituciones nacionales de investigación y educación superior, la UNAM, la Universidad Autó-

noma de Baja California Sur, El Colegio de la Frontera Sur, la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa y el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional, así como con un observador e investigador francés de la universidad francesa del Pacífico, de Noumea, Nueva Caledonia.

El objetivo principal de esta expedición fue el de obtener la mayor cantidad posible de informes sobre las condiciones ecológicas y oceanográficas del atolón; se estudiaron principalmente los corales, poliquetos, moluscos, crustáceos, equinodermos y peces de la localidad, así como la composición química del agua de la laguna interior y algunos factores físicos, químicos y geológicos de las aguas y los fondos marinos adyacentes al sitio. De modo complementario, a lo largo de la ruta del crucero (Acapulco-Clipperton-Isla Socorro, Archipiélago de Revillagigedo-Mazatlán), se tomaron datos de temperatura, salinidad y concentración de oxígeno disuelto en el océano (desde la superficie hasta cuatro mil metros de profundidad), que están siendo analizados actualmente y servirán de base para un estudio sobre las características y evolución del fenómeno de oscilación sureña

de El Niño, mismo que se inició en 1997 y fue uno de los más intensos de este siglo. En forma adicional se hicieron importantes colectas, tanto de nódulos polimetálicos para estudios geológicos como de organismos bénticos y bacteriológicos en las cuencas oceánicas del recorrido (hasta los 3 600 m de profundidad), incluyendo los alrededores de Clipperton.

Cuando se acerca uno al atolón destaca en el paisaje la Roca Clipperton, un promontorio de material volcánico de 30 m de altura, situado al sur de la isla. El resto de ésta, sin embargo, es difícil de apreciar, puesto que sólo alcanza una elevación promedio de seis metros sobre el nivel del mar y es, a todo lo largo, una franja delgada de arena. El desembarco se



Pez coralívoro *Arothron meleagris*, conocido como Botete pinto. Nótese las marcas de sus mordeduras sobre las colonias del coral *Porites lobata* que se encuentran a su alrededor.



Cinco ejemplares del pez holocéntrico *Myripristis berndti* y uno de *Zanclus cornutus*, el *Idolo moro*, buscando refugio entre los corales. Al centro se observa una colonia de especie no descrita del género *Porites*.

logró con grandes dificultades y siempre en condiciones difíciles, a causa del cinturón coralino que rodea casi toda la isla y ocasiona la presencia de rompientes casi ininterrumpidas en todo el margen costero. Según los mapas disponibles y los relatos históricos, deberían existir tres puntos para llegar a tierra; sin embargo, luego de buscar diferentes posibilidades sólo pudimos lograr el acceso por la parte noreste, en una pequeña abertura de las rompientes, aproximadamente de 15 metros de ancho (por cierto mal indicada en los mapas), y ello constituyó siempre una operación sumamente compleja, delicada e inclusive peligrosa, en las condiciones de buen clima que imperaron durante nuestra estancia.

En tierra firme, lo que destaca a primera vista son los gru-

pos aislados de palmeras, muchas de ellas sembradas por los franceses.⁶ Además, en la región noreste de la isla se observa un par de endebles casas de madera, testigos del desembarco ocasional de pescadores en busca de refugio y descanso, así como los restos de un depósito de municiones, ahora al aire libre. En la región occidental de la porción emergida del atolón quedan vestigios de la estación meteorológica que estableció el gobierno de los Estados Unidos en 1957, una pista de aterrizaje en muy mal estado, alguna vez utilizada por los franceses, y los restos del llamado campamento francés, de construcción más reciente, que junto con tres grandes banderas y placas alusivas, pone de manifiesto la actual adscripción política de Clipperton. Durante nuestra visita aún pudimos observar las ruinas del campamento mexicano, abandonado hace más de 80 años.

En la isla casi no se observó vegetación, aun cuando en los registros históricos aparecen “amplias zonas cubiertas de matorrales” durante y después de la época de la ocupación mexicana.⁶ Muy posiblemente la carencia de plantas sea resultado de la depredación ejercida por la enorme cantidad de cangrejos de la especie *Gecarcinus planatus* que se pueden encontrar por millares en toda la isla y se alimentan de todo lo que puede ser desgarrado por sus quelas, voracidad que se demostró cuando un

miembro de la expedición se sentó sobre la arena para observar el paisaje y fue rodeado de inmediato por los cangrejos, que trataron de arrancarle un trozo de pierna, y de igual modo, camisetas e inclusive bolsas de plástico o lona eran agujereadas en instantes si se dejaban en el suelo.

Los cangrejos no parecen tener enemigo natural alguno, por lo que su número se ve limitado sólo por la cantidad de alimento disponible, y se les observa comúnmente acechando los nidos de los “pájaros bobos” (género *Sula*), con el fin de alimentarse de sus huevos o de algún polluelo, al cual capturan si los padres se descuidan. Es probable que en la época en que se introdujeron cerdos domésticos en la isla (cuando la colonización mexicana) estos cangrejos fueran consumidos a su vez,

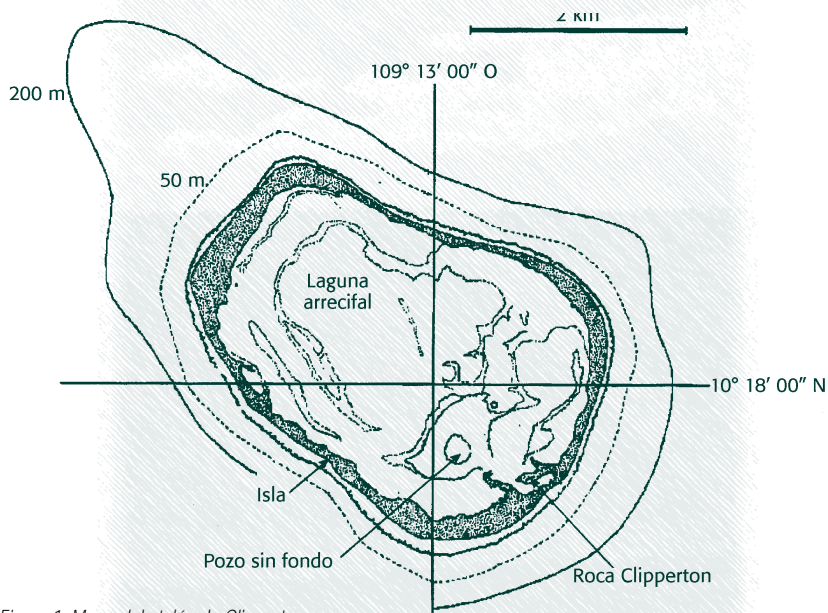


Figura 1. Mapa del atolón de Clipperton

lo que favorecía la vegetación; empero, los cerdos, que por cierto se habían vuelto salvajes, fueron al final eliminados por los franceses en 1958,⁶ dejando libres a los crustáceos para realizar sus actividades depredatorias.

Las playas de Clipperton están casi totalmente compuestas de arena coralina y en sus partes altas sobresalen secciones consolidadas de antiguas terrazas formadas por esqueletos de coral de los géneros *Pocillopora* y *Porites*, grupos que a la fecha constituyen la mayor parte de la estructura viva en el sitio. Esta formación fósil demuestra la presencia de comunidades arrecifales en la localidad desde hace al menos cinco mil años, última época en la que el nivel del mar fue más alto que el actual. La zona intermareal del atolón es también interesante, pues debido al intenso oleaje que se presenta en toda su extensión costera se encuentran restos heteróclitos de todo tipo, arrastrados hasta ahí por el mar o bien abandonados por visitantes ocasionales, muchas veces pescadores. Se trata en general de basura de tipo antropogénico, en especial envases de plástico de todos estilos y tamaños, cada uno con diferente grado de deterioro, muestra de que el proceso de acumulación ha tomado años.

En cuanto a la fauna presente en las zonas arenosas del límite superior de la pleamar (zona supralitoral), donde existen condiciones ambientales más drásticas y limitativas para la mayoría de los organismos (como altas temperaturas y desecación periódica), se observaron importantes poblaciones de una especie de oligoqueto que aún está en vías de determinación taxonómica. También encontramos algunos crustáceos, larvas megalopas de cangrejos braquiuros, conchas del caracol *Conus ebraeus* y hasta insectos, que utilizando como protección las piedras coralinas de la playa forman parte de este interesante hábitat.

En las secciones rocosas de la franja intermareal, la criptofauna (invertebrados que habitan en los orificios del coral muerto) es escasa, al compararla con otras áreas arrecifales. Se compone principalmente de poliquetos de los géneros *Eunice*, *Naineris*, *Eurythoe*, *Polydora* y *Notomastus*, megalopas de braquiuros, otros crustáceos y conchas de moluscos del género *Conus*. La flora consta de varias especies de algas coralinas

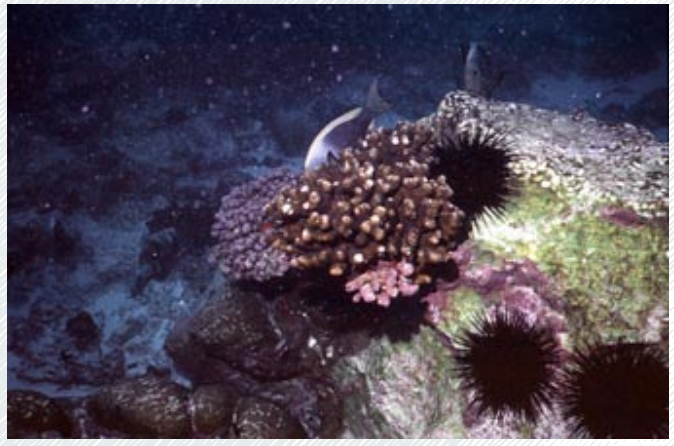
incrustantes y tapetes de algas verdes con escaso desarrollo, y en las partes rocosas también se observaron ejemplares grandes de un cangrejo braquiuro de la familia Grapsidae, en especial en el rompeolas.

Sobre la superficie de toda la isla, tanto en las regiones arenosas como en las terrazas de coral fosilizado, están presentes millares de aves (en la literatura se llegan a calcular unos 50 mil ejemplares),⁶ más del 90% de ellas de las llamadas "pájaros bobos", dominando en abundancia los de patas azules (*Sula nebouxi*). Otras especies menos abundantes son las fragatas (*Fregata magnificens*) y algunas garzas; estas últimas sólo se encontraron en las áreas sombreadas del bosque de palmeras que existe alrededor de las ruinas del campamento mexicano. Además de las aves, los únicos vertebrados que se observaron en la isla aparecieron en la zona aledaña a la estación meteorológica, y eran pequeñas lagartijas de no más de unos 15 cm de largo (del género *Emoia*), con un color negro brillante y sumamente activas.

La laguna interior de la isla, que abarca más del 90% de la superficie emergida del atolón (véase fig. 1), es en algunas partes muy somera y en otras llega a alcanzar grandes profundidades, e incluso existe una zona denominada "pozo sin fondo" en la parte sureste, frente a la Roca Clipperton, cuya profundidad es desconocida pero se presume superior a los 90 m. Los mapas antiguos e inclusive los de principios de siglo señalan que antes había comunicación permanente de la laguna con el mar, pero ésta fue gradualmente interrumpida por el desarrollo arrecifal exterior,¹ no obstante, los vestigios de formaciones coralinas en el interior de la laguna (compuestos principalmente por *Porites*) confirman biológicamente dicha comunicación.^{1,2} En la laguna, el sedimento no está consolidado y las aguas son muy ácidas, salobres y de olor putrefacto, lo que indica cierto grado de anoxia (falta de oxigena-



Entre los pocos espacios arenosos que se encuentran cerca de la costa del atolón pueden verse abundantes pepinos de mar (*Holothuria atra*), alimentándose del sedimento.



Por el aislamiento del atolón la flora y la fauna asociada a los corales es realmente escasa. Aquí se observan algunos erizos de mar del género *Diadema*.

ción) y eutroficación, quizá provocado tanto por la falta de intercambio de agua con el océano, como por el gran aporte de guano producto de los desechos de los miles de pájaros moradores de la isla. El aislamiento actual de la laguna ha provocado la virtual desaparición de las comunidades bióticas que alguna vez prosperaron ahí, quedando únicamente como sus habitantes grandes parches de algas azul-verde (cianofitas), organismos unicelulares que pueden soportar condiciones extremas.

La fauna marina de la isla ha sido estudiada relativamente poco y siempre bajo enfoques diversos, pero hay excelentes trabajos sobre vegetación marina y terrestre, corales, moluscos, cangrejos y peces.^{2,3,4,6} Quizá por el aislamiento extremo, su pequeño tamaño y complicada topografía submarina, el atolón presenta una fauna depauperada de corales constructores de arrecifes –sólo 10 especies– en comparación con atolones del Pacífico central que cuentan con entre 33 y 100 especies, mientras que zonas costeras del golfo de California o de América Central, e incluso islas oceánicas como las Galápagos (Ecuador), Cocos (Costa Rica) o Revillagigedo (México), tienen hasta 20 especies.² A pesar de esto, Clipperton está completamente desarrollado desde el punto de vista geomorfológico y muestra algunas características comunes a otras islas de la región, como son los grandes depósitos de arena coralina en su parte emergida, generados por la acción de las tormentas, y un frente arrecifal expuesto en baja mar, que tiene abundantes algas coralinas costrosas.

Durante nuestra estancia llevamos a cabo cinco expediciones de buceo en tres sitios ubicados al noreste de la isla, y en ellas pudimos observar que los corales se encuentran alrededor de todo el litoral, ocupando tres plataformas, una somera (1-3 m), otra intermedia (20-30 m) y una más profunda (40-60 m). La cobertura coralina sobre el fondo es mayor en la pendiente arrecifal (del 50% al 60% del sustrato ocupado) que en las porciones planas (10% al 30%), y para destacar la

importancia de este dato puede señalarse que la cobertura normal en arrecifes del Pacífico oriental rara vez rebasa el 30%.² El excelente desarrollo de los corales en la localidad es consecuencia de varias circunstancias: a) la temperatura superficial oceánica rara vez sale del intervalo de 26° a 29° C, y la termoclina es muy profunda (50 a 60 m); b) la productividad del océano en la zona es muy baja y, en consecuencia, la transparencia del agua es elevada, lo que ayuda a que los corales puedan vivir a profundidades hasta de 60 m o más y, por último, c) el atolón está fuera de la ruta normal de ciclones tropicales y huracanes, lo que también ha evitado daños mayores a la estructura arrecifal.

En zonas coralinas continentales del Océano Pacífico americano, la estructura arrecifal está determinada por la acción de los erosionadores (poliquetos, esponjas, moluscos, etc.) y los coralívoros (depredadores del coral) como la estrella de mar Corona de espinas, *Acanthaster planci*, y el pez óseo *Arothron meleagris*, conocido vulgarmente como Botete pinto. El vigoroso desarrollo del atolón también podría explicarse por el hecho de que la abundancia de todos estos animales fue notablemente baja, quizá como parte de un fenómeno general observado en Clipperton; exceptuando los peces, la fauna y la flora acompañantes de los corales son muy escasas, y casi no se encontraron gorgonias, bivalvos, caracoles o estrellas de mar, tan característicos de las zonas coralinas del mundo. Esta baja diversidad puede ser el resultado del propio aislamiento geográfico de la isla, que ha dificultado su colonización.^{2,3,4}

De los invertebrados observados en la zona arrecifal sobresalen los erizos del género *Diadema*, así como los pepinos de mar del género *Holothuria*. Estudios recientes han demostrado que la población de *Diadema mexicanum* que habita Clipperton muestra pocas diferencias genéticas con otras del mismo erizo, ocupantes de la costa americana, mientras que todas las especies locales de holoturias encontradas durante nuestra visita son prácticamente colonizadoras del Indo Pacífico.



En el talud arrecifal, más del 50% del sustrato está ocupado por corales.

Esta mezcla de faunas confirma que el atolón recibe propágulos (larvas o adultos transportados por objetos flotantes), tanto desde el este como del oeste, y apoya la idea de que Clipperton es un puente importante para la colonización marina en el océano más grande del planeta.^{2,4,5}

Durante la expedición también se recolectaron fragmentos de coral muerto para investigar la criptofauna presente en Clipperton, de la cual casi nada se conoce. Sorprendentemente, el grupo dominante encontrado no fue el de los anélidos poliquetos (como es común), sino el de los sipuncúlidos (conocidos como gusanos bellota), y en este caso, numerosos ejemplares del género *Aspidosiphon*, constituyeron aproximadamente el 70% del total de la fauna descubierta. El segundo grupo en importancia lo conforman los poliquetos, sobre todo especies del género *Eunice* y de las familias Nereididae, Phyllodocidae y Cirratulidae, y, por último, los crustáceos y moluscos fueron escasos. Estos hallazgos son importantes, ya que como antes se mencionó, la abundancia y riqueza de las especies encontradas en Clipperton son bajas si las comparamos con lo observado en otros sistemas arrecifales.

Uno de los aspectos más atractivos que tuvo el bucear en la isla Clipperton fue la abundancia de peces muy activos, de gran tamaño y con hábitos carnívoros. En aguas abiertas y en el borde arrecifal, tiburones martillo y punta blanca de arrecife (géneros *Sphyrna* y *Carcharhinus*), y peces pelágicos (como *Caranx*) aparecieron en cardúmenes de cientos de ejemplares, los cuales fueron observados mientras rodeaban al arrecife, especialmente en horas de la tarde y a profundidades de 15 a 30 m. En la zona de mayor abundancia coralina también fue conspicua la dominancia de los peces depredadores, algo poco usual en el Pacífico americano, en donde dominan en número los herbívoros y omnívoros.⁴ En Clipperton, quizá porque las algas carnosas y los tapetes de algas filamentosas están virtualmente ausentes, la abundancia de carnívoros como la morena *Gymnothorax dovii*, el mero *Dermatolepis dermatolepis*, el pargo *Lutjanus viridis* y el pez ballesta *Melichthys niger* resultó ser significativamente alta respecto a la de los consumidores de vegetales.

La primera expedición mexicana a la isla Clipperton resultó ser un gran éxito; parte de la información generada ya se ha presentado en reuniones científicas nacionales e internacionales, y está en proceso de publicarse en revistas técnicas. Los datos obtenidos arrojarán nueva luz sobre la ecología y la geología de uno de los atolones más alejados del Océano Pacífico, y de alguna manera demuestran que La Pasión sigue siendo México 🌐

Referencias

- ¹ González Avelar, M. *Clipperton, isla mexicana*, México, 1992, Fondo de Cultura Económica.
- ² Glynn, P.W.; J.E.N. Veron, y G.M. Wellington. "Clipperton Atoll (eastern Pacific): Oceanography, Geomorphology, Reef-building Coral Ecology and Biogeography", *Coral Reefs*, 15, 1996, pp. 71-99.
- ³ Emerson, W.K. "A Zoogeographic Summary of the Marine Mollusks of Clipperton Island (tropical eastern Pacific)", *The Festivus*, 26, 1994, pp. 62-71.
- ⁴ Allen, G.R., y D.R. Robertson. "An Annotated Checklist of the Fishes of Clipperton Atoll, tropical eastern Pacific", *Rev. Biol. Trop.*, 45, 1997, pp. 813-843.
- ⁵ Orozco Ríos, R. A. *¡La Pasión es México!*, Biblioteca del CEHIPO, 1998, 175 p.
- ⁶ Sachet, M.H. "Geography and Land Ecology of Clipperton Island", *Atoll Res. Bull.*, 86, 1962, pp. 1-87.

Bibliografía complementaria

- Garth, J.S. "The Brachyuran Decapod Crustaceans of Clipperton Island", *Proc. Calif. Acad. Sci.*, 4th series, 33, 1965, pp. 1-46.
- Lessios, H.A.; B.D. Kessing; G.M. Wellington, y A. Graybeal. "Indo Pacific Echinoids in the tropical eastern Pacific", *Coral Reefs*, 15, 1996, pp. 133-142.
- Restrepo, L. *La Isla de la Pasión*, Bogota, 1989, Planeta.
- Sachet, M.H. "Flora and Vegetation of Clipperton Island", *Proc. Calif. Acad. Sci.*, 4th series, 31, 1962, pp. 249-307.
- Skaggs, J.M. *Clipperton, a History of the Island the World Forgot*, New York, 1989, Walker and Co.



Láseres semiconductores

Materiales para su construcción

VIATCHESLAV MISHOURNYI, A.YU. GORBATCHEV,
ALFONSO LASTRAS MARTINEZ E IVAN CESAR HERNANDEZ DEL CASTILLO

Resumen

En este artículo se ofrece una exposición introductoria a las soluciones sólidas semiconductoras III-V y a la manera de aplicarlas en la fabricación de láseres de heteroestructura. Se discuten los compuestos binarios III-V, así como sus soluciones sólidas ternarias y cuaternarias, y se consideran las condiciones necesarias para fabricar heterouniones ideales. En forma específica se analizan los semiconductores binarios formados por combinaciones de los elementos Al, Ga e In de la columna III de la tabla periódica, y P, As y Sb de la columna V y, asimismo, se discuten las soluciones sólidas ternarias AlGaAs, GaAsP, GaInP y AlInP y las cuaternarias AlGaInP, GaInAsP, InGaAsSb y AlGaAsSb.

Introducción

Un gran número de dispositivos optoelectrónicos modernos, entre los que contamos con los láseres semiconductores, los diodos emisores de luz, los fotodetectores y las celdas solares, ha sido construido conforme a las heterouniones semiconductoras. Considerando la relevancia del tema, y ante la casi total ausencia de literatura en español al respecto, en este artículo se presenta una introducción a las soluciones sólidas semiconductoras III-V y a su empleo para fabricar heteroestructuras, esperando que sea de utilidad tanto a los estudiantes de posgrado como a los investigadores interesados en el tema.

Una heterounión se forma al poner en contacto metalúrgico dos semiconductores con distinta composición química. Las heterouniones semiconductoras ofrecen ventajas notables sobre las homouniones p-n para la fabricación de diferentes dispositivos electrónicos, que se relacionan fundamentalmente con el fenómeno de inyección unilateral de portadores de carga en una heterounión polarizada de manera positiva, el cual consiste en introducir de modo preferencial electrones o huecos desde el semiconductor de brecha prohibida grande al de brecha prohibida pequeña. Las ventajas de las heterouniones semiconductoras se manifiestan en forma patente en dispositivos que basan su funcionamiento en la interacción de la radiación con la materia, es decir, en dispositivos optoelectrónicos acordes con los procesos de absorción y generación de radiaciones. Las ventajas de las heterouniones respecto de las homouniones se analizan con mayor detalle en el artículo "Láseres semiconductores, basados en heterouniones" (*Ciencia y Desarrollo*, núm. 144).

La elección de los materiales semiconductores adecuados para obtener heterouniones con las propiedades ópticas y eléctricas deseadas es un problema de actualidad, al cual se han dedicado numerosos trabajos y publicaciones científicas. Uno de los primeros estudios sobre la posibilidad de utilizar diferentes sistemas de soluciones sólidas semiconductoras de muchas capas, para lograr heteroestructuras ideales, se realizó en el Instituto Físico-Técnico A.E. Ioffe, y, asimismo, en el libro de H.G. Casey y M.B. Panish *Heterostructure Lasers* se analizan diferentes soluciones sólidas. En este artículo se pretende ex-

poner de manera accesible los criterios seguidos para elegir los materiales semiconductores empleados en la fabricación de fuentes emisoras de radiación, para aplicarlos en campos tales como la comunicación óptica y la detección de contaminantes ambientales.

La estructura de bandas de los semiconductores

En nuestra discusión sobre materiales semiconductores para la fabricación de láseres consideraremos primeramente aspectos relativos a su estructura de bandas, la cual afecta de manera crítica sus propiedades eléctricas y ópticas.

Analicemos los semiconductores con estructuras directa e indirecta de bandas energéticas. En la física del cuerpo sólido tiene significado fundamental para describir las propiedades del cristal la dependencia de la energía del electrón E en función del impulso P , en tanto que la función $E = E(P)$ determina la estructura de las bandas energéticas del cristal, las cuales son bastante complicadas. En particular, la dependencia $E = E(P)$ para diferentes valores del impulso P en la banda de conductividad y de valencia tiene varios puntos extremos diferentes, y debido a que cualquier sistema tiende al estado de equilibrio con la menor energía, los electrones de la banda de conductividad estarán localizados en el nivel más bajo o en el mínimo absoluto de la dependencia $E = E(P)$. Por esta misma razón, los huecos se encuentran localizados en el máximo superior de la banda de valencia, y de aquí que la localización recíproca de dichos puntos extremos influya de manera determinante en las propiedades electrofísicas y ópticas del material.

Si se da el caso de que el mínimo absoluto de la banda de conductividad y el máximo de la banda de valencia estén situados en un mismo valor de P , entonces, el semiconductor tendrá una estructura energética directa, pero si el mínimo de la banda de conductividad y el máximo de la de valencia se localizan en diferentes valores de P la estructura será energética indirecta. De manera simplificada, en la figura 1 se muestra la dependencia de la energía del electrón de acuerdo con su impulso, y además se observan dos mínimos principales de la energía de dicho electrón en la zona de

conductividad, cuyas posiciones recíprocas, uno respecto de otro, determinan el tipo de la estructura de bandas del semiconductor. Generalmente el mínimo que coincide con el máximo de la zona de valencia en un determinado valor de P se representa con la letra Γ_1 y al mínimo que se localiza en un valor de P diferente al máximo de la zona de valencia se le designa con la letra X_1 , y de esta manera, si el mínimo absoluto de la zona de conductividad es Γ_1 , entonces el semiconductor tendrá transiciones directas. En calidad de ejemplo de un material de este tipo podemos nombrar al GaAs, el cual tiene una estructura de bandas como se muestra en la figura 1(a).

Si el mínimo absoluto de la zona de conductividad es X_1 , entonces el semiconductor tendrá transiciones indirectas; por ejemplo, el silicio y el germanio que poseen precisamente este tipo de estructura de bandas energéticas representadas en la figura 1(b). Hablando en general, en la naturaleza existen leyes fundamentales y a ellas pertenece la ley de la conservación de la energía y de la masa. En mecánica, al analizar los procesos de interacción de los cuerpos en movimiento con diferentes velocidades y masas, se utiliza la ley de la conservación del impulso, conforme a la cual: “la suma del impulso del sistema (la suma de los productos de la masa por la velocidad de los cuerpos que participan en la interacción) no cambia después de la interacción”, y esta misma ley debe cumplirse también en los semiconductores al interactuar el electrón y el hueco. En principio son posibles dos tipos de tal interacción, el proceso de generación de un electrón y un hueco ligado a la absorción de un cuanto de radiación $h\nu$ y el proceso de recombinación de un electrón con un hueco acompañado por la emisión de energía, aproximadamente igual al ancho de la brecha prohibida del semiconductor. Con mayor detalle, estos procesos fueron estudiados en nuestro primer trabajo “Láseres semiconductores, principios de funcionamiento” (*Ciencia y Desarrollo*, núm 140).

Analicemos estos procesos tomando en cuenta la ley de la conservación del impulso. El proceso para recombinar un electrón y un hueco se acompaña de la emisión de un cuanto de radiación $h\nu$, y en el caso de transiciones directas (GaAs) se representa, como aparece en la figura 1(a), en forma de una flecha vertical dirigida hacia abajo. De la misma manera, con

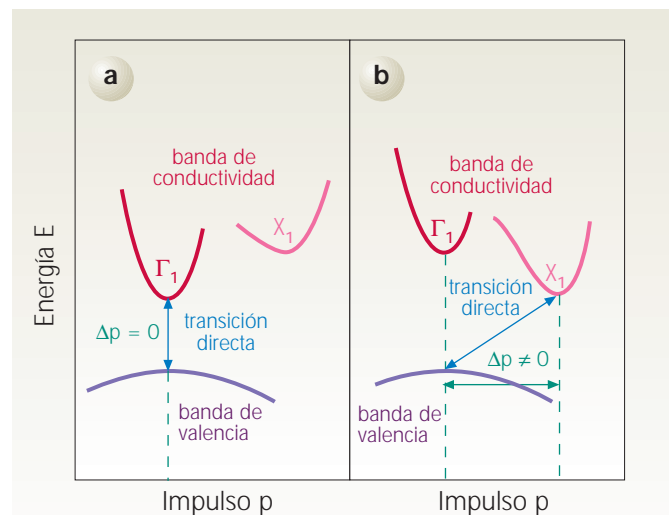


Figura 1. Se representa la dependencia de la energía del electrón de acuerdo con su impulso para diferentes semiconductores. La figura 1(a) muestra los semiconductores con estructura directa y la figura 1(b) los que tienen estructura indirecta en sus bandas energéticas.

una flecha vertical, pero ahora dirigida hacia arriba, se puede representar el proceso de absorción de un cuanto de radiación, acompañado por la excitación del electrón que pasa de la banda de valencia a la de conductividad, y después de ello, en la banda de valencia queda una carga positiva descompensada, a la que hasta ahora hemos llamado hueco. Es importante señalar que antes y después que el electrón interactúe con el cuanto de radiación, el impulso del primero permanece invariable; por eso, en el proceso de absorción o de generación de radiación en el semiconductor con estructura directa de las bandas energéticas se cumple la ley de la conservación del impulso y, en sentido estricto, este hecho se refleja en que los procesos de recombinación de electrones y huecos, y la absorción de cuantos de energía de un semiconductor directo pueden ser representados por líneas verticales.

Otra es la situación que se aprecia en los materiales semiconductores con estructura indirecta de las bandas energéticas, por ejemplo el Ge o Si. Como se observa en la figura 1 (b), los procesos de recombinación de los portadores de carga y de absorción de los cuantos de radiación son acompañados por variaciones del impulso, debido a que el mínimo inferior de la zona de conductividad y el máximo de la de valencia tienen diferentes valores de P y, por tal razón, estos procesos para materiales con estructura indirecta de bandas energéticas se representarán con flechas inclinadas. En forma correspondiente, cuando tienen lugar tales transiciones indirectas surge un excedente o bien un déficit del impulso ΔP , que en correspondencia con la ley de la conservación del impulso

debe ser compensado, proceso de resarcimiento que se realiza al interactuar con las oscilaciones de la red cristalina. En la física del cuerpo sólido tales oscilaciones se consideran como cuasipartículas llamadas fonones; así, en las transiciones indirectas, para que se cumpla la ley de la conservación del impulso, es necesaria la participación de tres partículas, el electrón, el fotón y el fonón, mientras que, en las transiciones directas, sólo participan dos partículas, el fotón y el electrón. El proceso en el que participan tres partículas siempre es menos probable que cuando toman parte dos, razón por la cual la eficiencia de la recombinación radiactiva en los materiales con estructura indirecta de bandas energéticas es sumamente baja.

Por todo lo anteriormente expresado podemos concluir que para la fabricación de fuentes semiconductoras de radiación electromagnética, tanto coherente como incoherente (láseres semiconductores y diodos emisores de luz), es necesario elegir materiales con estructura directa de bandas para la región activa de los dispositivos.

Un láser de heteroestructura está diseñado de tal manera que su región activa queda emparedada entre dos semiconductores, con una brecha prohibida mayor que la de dicha región activa. El semiconductor que forma la región activa debe, además, tener una brecha prohibida directa, ya que de otra manera su eficiencia para generar fotones al recombinar los pares electrón-hueco sería muy pequeña. Un requisito más que deben cumplir los semiconductores que forman la heteroestructura es que sean iguales sus parámetros de red (representada con la letra griega α), con objeto de evitar los defectos cristalinos que se producen en la interfaz de dos materiales con parámetros de red diferente. Una heterounión entre dos materiales semiconductores de composición química diferente pero de idéntico parámetro de red recibe el nombre de heterounión ideal.

En este artículo analizaremos la posibilidad de fabricar láseres semiconductores de heteroestructura, atendiendo a los siguientes puntos:

a). Los materiales que forman la heterounión deben tener igual tipo de red cristalina y sus parámetros de red deben coincidir.

b). La parte con brecha prohibida angosta debe tener una estructura directa de bandas energéticas.

I. Compuestos binarios III-V

Es sabido que uno de los rasgos más importantes de las propiedades semiconductoras de los materiales es el hecho de que los átomos tienen cuatro electrones en su capa exterior, y precisamente, debido a ello, los elementos del grupo IV de la tabla periódica, tales como el Ge y el Si son semiconductores ampliamente conocidos. Sin embargo, estos materiales tienen una estructura indirecta de bandas y aunque ambos poseen estructura cristalina del tipo llamado “diamante”, sus parámetros de red son diferentes, por lo tanto, de acuerdo con los puntos a) y b) antes mencionados, estos materiales no pueden utilizarse como componentes de heterouniones ideales.

Si consideramos los compuestos binarios de los elementos de los grupos III y V, en los cuales se tienen, respectivamente, tres y cinco electrones en la última capa de sus átomos y, por tanto, en promedio, a un átomo de este compuesto le corresponderán cuatro electrones. Los compuestos de este tipo deben tener propiedades semiconductoras, y de manera análoga los compuestos de los elementos de los grupos II y VI son también semiconductores. Es claro que, utilizando en calidad de criterio la existencia de cuatro electrones en la última capa de los átomos, se puede continuar la lista de materiales semiconductores de manera prolongada. Mostramos un ejemplo más de este tipo de compuestos, tales como A^{II} , B^{IV} y C^V , donde A^{II} , B^{IV} y C^V respectivamente son elementos de los grupos II, IV y V de la tabla periódica.

Al analizar las posibilidades de obtener heterouniones ideales en una amplia gama de materiales semiconductores vamos a considerar sólo los compuestos del tipo III-V, que se forman de los elementos existentes en los principales subgrupos de los grupos III y V, y en forma correspondiente en cada uno de estos subgrupos se localizan B, Al, Ga, In (III grupo) y N, P, As, y Sb (V grupo). En el presente trabajo, de los compuestos del tipo III-V no vamos a considerar los nitridos y los bóridos, porque todos los compuestos de B con los elementos del grupo V son muy complicados de obtener tecnológicamente. Los compuestos que se forman del tercer grupo con el nitrógeno tienen una estructura del tipo “wurzita”, a diferencia de todos los demás compuestos binarios del tipo III-V, cuya es-

Compuestos binarios III-V	Brecha prohibida E_g , eV	Parámetro de red α , Å
AlP	2.45	5.45
GaP	2.26	5.45
InP	1.35	5.87
AlAs	2.16	5.66
GaAs	1.42	5.65
InAs	0.36	6.06
AlSb	1.68	6.14
GaSb	0.72	6.1
InSb	0.17	- 6.48

estructura cristalina es del tipo esfalerita. Por consiguiente, de acuerdo con el punto a) que menciona los requisitos necesarios para obtener una heterounión ideal, éstos sólo se pueden formar entre nitridos, y tales combinaciones, como por ejemplo, nitridos-fosfidos o nitridos-arsenuros, se excluyen simplemente por sus diferentes tipos de red.

Existe una gran cantidad de materiales semiconductores del tipo II-VI, formados por elementos de los grupos II y VI de la tabla periódica, que tampoco serán analizados, y aunque estos compuestos poseen muy buenas propiedades luminiscentes, como por ejemplo, el ZnO, ZnSe y ZnTe, desde el punto de vista tecnológico en estos materiales es muy difícil invertir el tipo de conductividad, es decir, resulta complicado obtener uniones p-n. Cabe señalar que, en la actualidad, utilizando el método de epitaxia por haces moleculares en algunos materiales de tipo II-VI, fueron obtenidas uniones p-n.

De los restantes seis elementos Al, Ga, In y P, As, Sb se obtienen nueve compuestos semiconductores binarios, los cuales son AlP*, GaP*, InP, AlAs*, GaAs, InAs, AlSb*, GaSb e InSb. Los asteriscos identifican a los cuatro compuestos que tienen transiciones indirectas; los otros cinco tienen transiciones directas, pero todos los compuestos arriba mencionados se pueden obtener de manera relativamente fácil con ambos tipos de conductividad p y n.

Los valores para el ancho de la brecha prohibida a una temperatura de 300 °K y para el parámetro de red de los nueve compuestos se muestran en el cuadro I.

II. Soluciones sólidas de $Al_xGa_{1-x}As$

Como se observa en el cuadro I, para dos pares de compuestos AlAs-GaAs y AlP-GaP el parámetro de red es prácticamente idéntico. Sin embargo, los compuestos de Al con elementos del V grupo son inestables al contacto con el vapor de agua de la atmósfera, incluso en condiciones normales, formando el óxido Al_2O_3 , y por esta causa la utilización de tales compuestos para la fabricación de heterouniones es imposible. Por fortuna, entre casi todos los compuestos del tipo III-V es posible obtener soluciones sólidas químicamente estables en un amplio diapason de composiciones; por ejemplo, para el cristal de GaAs, en el cual los

átomos de Ga y As están localizados en lugares predeterminados de la red cristalina, formando subredes metálicas y no metálicas, algunos átomos de Ga pueden ser sustituidos por otros de Al, y si gradualmente se incrementa el número de átomos de Ga que son sustituidos por los de Al, entonces podremos variar la composición de la solución sólida y de esta manera cambiar las propiedades semiconductoras del material. En correspondencia con la ley de Vegard, el parámetro de red de la solución sólida con el cambio de la composición debe variar linealmente, y en el caso del sistema AlAs-GaAs éste permanece constante, ya que $\alpha_{AlAs} = \alpha_{GaAs}$. Las soluciones sólidas, así como los compuestos binarios de este tipo, tienen un número de átomos del grupo III, igual al número de los del grupo V, y por eso, los sistemas como por ejemplo AlAs-GaAs pueden expresarse mediante la siguiente fórmula química: $Al_xGa_{1-x}As$, donde (x) es la parte molar de AlAs en la fase sólida y (1-x) la parte de GaAs. Las soluciones sólidas $Al_xGa_{1-x}As$ son estables desde el punto de vista corrosivo en el intervalo de composiciones de $0 \leq x \leq 0.8$.

Desde el punto de vista práctico, para las soluciones sólidas es muy importante la dependencia del ancho de la brecha prohibida y del parámetro de red en función de la composición. La dependencia de $E_g = E_g(x)$ para el sistema $Al_xGa_{1-x}As$ está dada en la figura 2, y en el eje horizontal tenemos el parámetro x, el cual varía de 0 a 1. Como se observa en la fórmula, cuando $x = 0$ la solución sólida $Al_xGa_{1-x}As$ es sólo el GaAs y cuando $x = 1$ es el AlAs. En el eje vertical se tiene la energía E en eV, y sobre estos ejes se encuentran los mínimos Γ_1 y X_1 para el GaAs y el AlAs. Según como se muestra en el cuadro I, el GaAs es un material con estructura directa de bandas energéticas, y el mínimo Γ_1 en el eje vertical izquierdo se localizará más abajo que el X_1 . Contrariamente a esto, en el eje vertical derecho que corresponde al AlAs, el mínimo X_1 se localiza más abajo que Γ_1 , debido a que el AlAs es un material

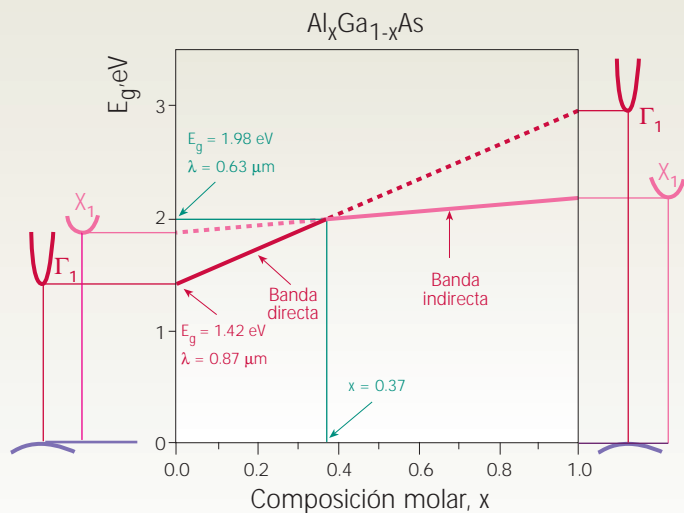


Figura 2. Se muestra la dependencia del ancho de la brecha prohibida respecto a la composición para el sistema de soluciones sólidas $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, y se observa cómo pasa la estructura de bandas de directa a indirecta con un punto de quiebre cuando $x = 0.37$.

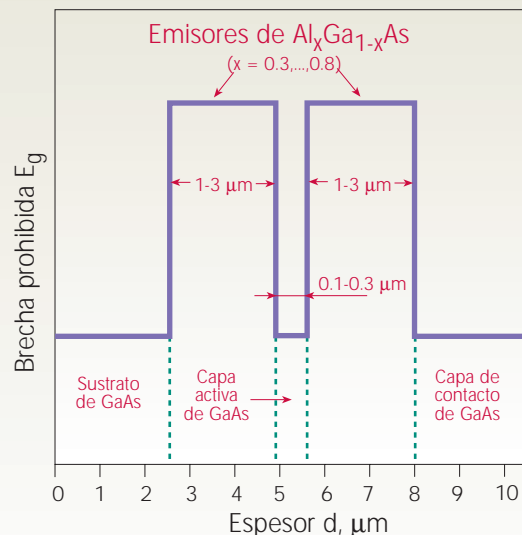


Figura 3. Se muestra esquemáticamente el diagrama de zonas energéticas de una heteroestructura doble del sistema $\text{AlGaAs}/\text{GaAs}$. La solución sólida $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ representa a los emisores, mientras que el GaAs se utiliza como sustrato y también desempeña el papel de región activa.

con estructura indirecta de bandas. Aquí cabe hacer la observación de que el valor del ancho de la brecha prohibida del material se determina por la distancia entre el máximo de la zona de valencia y el mínimo de la de conductividad. Por eso, en la figura 2, el valor del ancho de la brecha prohibida E_g para el GaAs se determina por la posición de Γ_1 y para el AlAs por la de X_1 . A medida que cambian los componentes de la solución sólida $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, los puntos Γ_1 y X_1 para el GaAs y el AlAs respectivamente se desplazarán a lo largo de una línea que, estrictamente hablando, no es recta, ya que siempre tiene una ligera curvatura, pero a fin de simplificar vamos a considerarla como recta. Así, se puede observar que las transiciones directas tienen lugar en el intervalo de composiciones $0 \leq x \leq 0.37$ y E_g con el incremento de x para $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ aumenta de 1.42 hasta 1.98 eV. Como se ve en la figura 2, las composiciones con transición directa de las soluciones sólidas $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ cubren la zona espectral de 0.87 a 0.63 μm , y ya que al variar la composición de $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ el parámetro de red permanece constante, basándose en estas soluciones sólidas se pueden preparar heterouniones ideales. Cabe señalar que los primeros heteroláseres que funcionaron en un régimen continuo a temperatura ambiente fueron diseñados como heteroestructuras dobles, en concordancia con el sistema GaAs-AlGaAs . El diagrama de bandas de esta heteroestructura doble se muestra en la figura 3.

III. Soluciones sólidas ternarias $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$, $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ y $\text{Al}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$

Sin embargo, para toda una serie de aplicaciones prácticas tales como las fuentes de radiación en las regiones espectrales del amarillo y el verde, o láseres y foto-

detectores para las líneas ópticas de comunicación, es necesario asimilar otras regiones espectrales, y por esta razón analizaremos otros dos sistemas ternarios de soluciones sólidas: $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ y $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$. Las dependencias de los anchos de las brechas prohibidas y los parámetros de red para estos materiales se muestran en la figura 4; refiriéndonos en particular a la solución sólida $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$, en la figura 4(a) la línea azul muestra la dependencia del ancho de su brecha prohibida E_g con la composición x . Como puede observarse, E_g crece con x , desde 1.42 eV, valor que corresponde al GaAs cuando $x = 0$, hasta 2.26 eV, para GaP cuando $x = 1$. El cambio de la pendiente observado en la curva $E_g - x$ a una concentración de $x = 0.45$ corresponde a la transición de la brecha prohibida de directa ($x < 0.45$) a indirecta ($x > 0.45$), y el valor del ancho de ésta en el punto de la transición es $E_g = 2.06$ eV, lo cual la hace útil para la fabricación de fuentes de radiación en la zona roja del espectro. Consideremos ahora la solución sólida $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$. La línea roja de la figura 4(a) muestra la dependencia de E_g respecto de la composición, y debido a que la estructura directa de las zonas energéticas se mantiene hasta los 2.25 eV, este sistema puede ser utilizado para fabricar fuentes de radiación en un intervalo comprendido entre las regiones del rojo y el amarillo verdoso del espectro visible. Sin embargo, lamentablemente, ni el $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ ni el $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ pueden ser utilizados para la obtención de heterouniones ideales, ya que con la variación de sus componentes, el parámetro de red varía en forma lineal de $\alpha = 5.86 \text{ \AA}$ (InP) a $\alpha = 5.45 \text{ \AA}$ (GaP) para el $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ y de $\alpha = 5.65 \text{ \AA}$ (GaAs) hasta $\alpha = 5.45 \text{ \AA}$ (GaP) para el sistema $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$. La manera como depende el parámetro de red de la composición para el $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ se muestra en la figura 4(b), y si en esta gráfica localizamos el valor del parámetro

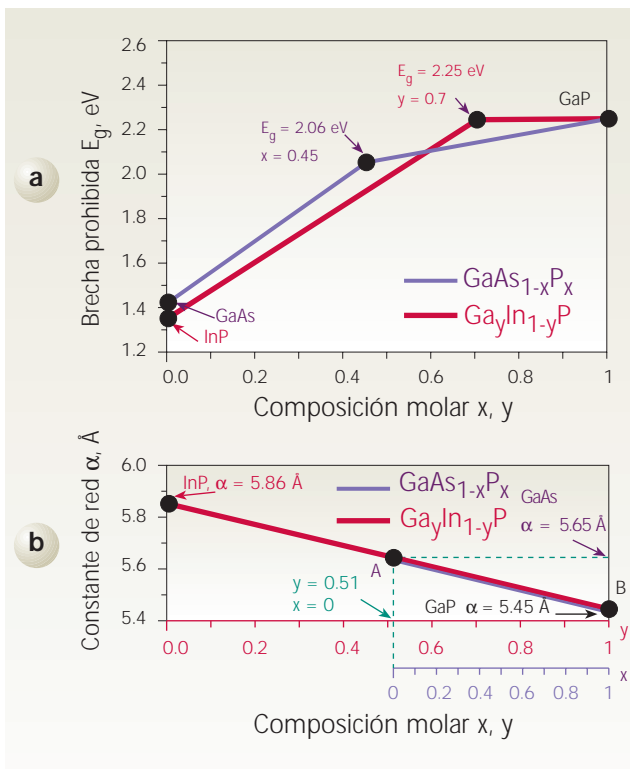


Figura 4. Se analizan los sistemas de soluciones sólidas GaAsP y GaInP. La figura 4(a), muestra la dependencia del ancho de la brecha prohibida en función de la composición para las soluciones sólidas $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ y $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ y la figura 4(b) representa la variación del parámetro de red con el cambio de la composición de estas mismas soluciones sólidas.

de red para el GaAs ($\alpha = 5.65$ Å) en el eje vertical y trazamos una línea horizontal, entonces veremos que el punto de intersección de esta línea con la función $\alpha = \alpha(y)_{\text{GaInP}}$ será cuando $y = 0.51$. Esto significa que la solución sólida $\text{Ga}_{0.51}\text{In}_{0.49}\text{P}$ tendrá el mismo parámetro de red que el GaAs, y por eso entre el GaAs y la $\text{Ga}_{0.51}\text{In}_{0.49}\text{P}$ es posible obtener heterouniones ideales. Además, es claro que la dependencia del parámetro de red respecto de la composición para $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ se representa en el dibujo por el segmento A-B, que se incluye en la función $\alpha = \alpha(y)_{\text{GaInP}}$, ya que el punto A corresponde a α_{GaAs} y el punto B a α_{GaP} . En la figura 4(b) el eje y de las composiciones para el $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ se representa con una línea roja, y paralela a esta línea se muestra el eje x de las composiciones de $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ con un color azul. Trazando una línea vertical por estos dos ejes, en las zonas de $0 \leq y \leq 1$ y $0.51 \leq x \leq 1$ se pueden encontrar las composiciones de estas dos soluciones sólidas, respectivamente, con igual parámetro de red. En otras palabras, el conjunto de estas secciones verticales permite encontrar las composiciones necesarias para obtener heterouniones ideales; así, en los intervalos de composiciones señalados es posible la obtención de heterouniones ideales entre $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ y $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$, con la condición de que $y = 0.49x + 0.51$.

Al considerar un sistema más de soluciones sólidas $\text{Al}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$, de todos los sistemas III-V (excluyendo los compuestos de B

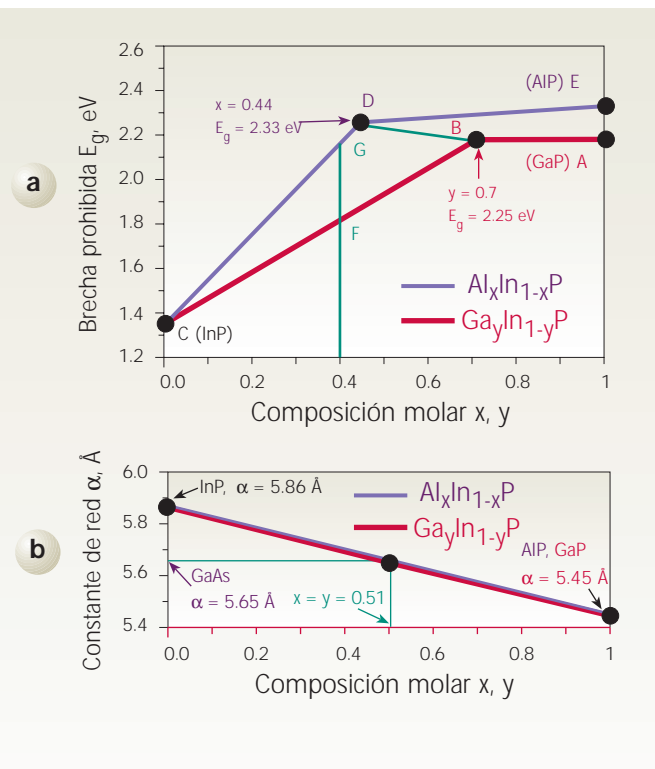


Figura 5. Se estudian las soluciones sólidas AlInP y GaInP. En la figura 5(a) se muestra el cambio del ancho de la brecha prohibida con el de la composición de las soluciones sólidas $\text{Al}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ y $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$, y la figura 5(b), la dependencia del parámetro de red en función de la composición de estas mismas soluciones sólidas.

y N), este material tiene la más ancha brecha prohibida, conservando la estructura directa de las bandas energéticas. La dependencia de E_g respecto de x para $\text{Al}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ se representa con una línea azul en la figura 5(a), donde podemos observar, que el punto de transición de la estructura directa a la indirecta se encuentra cuando la composición es $x = 0.44$, a la cual le corresponde una $E_g = 2.33$ eV. En comparación, esta misma figura muestra con una línea roja la dependencia de $E_g = E_g(y)$ para el sistema $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ anteriormente analizado. Ya que los parámetros de red del AlP y GaP son muy aproximados, y el InP se utiliza en calidad de segundo componente binario en los sistemas AlP-InP y GaP-InP, las dependencias $\alpha_{\text{AlInP}} = \alpha(x)$ y $\alpha_{\text{GaInP}} = \alpha(y)$ para las soluciones sólidas AlInP y GaInP van a coincidir respectivamente. En la figura 5(b) se muestra la variación del parámetro de red según la composición para estos dos sistemas. Pues bien, entre estos dos sistemas ternarios sería posible obtener heterouniones ideales, si la concentración de InP en cada una de estas soluciones sólidas coincidiera, condición representada en la figura 5(a) por la línea recta FG, a la cual se le llama sección isoperiódica, y por medio de estas secciones isoperiódicas se pueden encontrar los valores de los anchos de las brechas prohibidas de $\text{Al}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ y $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ bajo los cuales coincidan sus parámetros de red. Es claro que en el caso considerado (véase fig. 5(b)), en calidad de sustrato

se puede utilizar el GaAs, y si en el $\text{Al}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ y en el $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ el valor para $x = y = 0.51$, entonces los parámetros de red del sustrato y de las soluciones sólidas coincidirán y los anchos de las brechas prohibidas serán diferentes.

IV. Soluciones sólidas cuaternarias AlGaInP , GaInAsP , InGaAsSb y AlGaAsSb

Imaginemos que el contenido de InP en el sistema GaP-InP es fijo. Ahora bien, si una parte de los átomos de Ga se sustituyen por los de Al, entonces, debido a que $\alpha_{\text{GaP}} = \alpha_{\text{AlP}}$, el parámetro de red de la nueva fase sólida cuaternaria $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{P}$ no varía, el ancho de la brecha prohibida aumentará al compararlo con la solución sólida $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$.

Al sustituir los átomos de Ga por los de Al se realiza una transición de una solución sólida ternaria GaInP a una cuaternaria AlGaInP, y como se ve en la figura 5(a) existe un desplazamiento por la línea vertical de $E_g = E_g(y)_{\text{GaInP}}$ hasta $E_g = E_g(x)_{\text{AlInP}}$. Si la dependencia del ancho de la brecha prohibida y del parámetro de red, acordes con la composición, se representa con una línea en el caso de las soluciones sólidas ternarias, para las cuaternarias ésta se representa en un plano. Las soluciones sólidas $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{P}$ se encuentran situadas, como se observa en la figura 5(a), en la región limitada por $E_g = E_g(y)_{\text{GaInP}}$, $E_g = E_g(x)_{\text{AlInP}}$ y por la línea vertical que une a los puntos A y E, los cuales corresponden a los valores del ancho de las brechas prohibidas del GaP y AlP. El segmento AE muestra la dependencia del ancho de la brecha prohibida en función de los componentes para la solución sólida ternaria $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$. Y bien, si en los sistemas ternarios de soluciones sólidas el cambio de la composición lleva consigo al mismo tiempo cambios en la E_g , así como de α , entonces, cuando tiene lugar la transición a fases cuaternarias más complicadas se presenta un grado más de libertad, y esto significa que es posible controlar las variaciones de E_g y α de manera independiente. En las soluciones sólidas cuaternarias existen secciones isoperiódicas en las cuales el parámetro de red es invariable, por ejemplo, para el $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{P}$, una de tales secciones cuando $x+y = 0.51$ corresponde al α_{GaAs} ; en consecuencia, el GaAs puede ser utilizado en calidad de sustrato para la obtención de heterouniones ideales, basándose en el sistema de solucio-

Cuadro II
Heterouniones ideales, basadas en las soluciones sólidas cuaternarias

$\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{P}$	
$\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P} - \text{Al}_{x'}\text{In}_{1-x'}\text{P}$	$x = x'$
$\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P} - \text{Al}_{x'}\text{Ga}_y\text{In}_{1-x'-y'}\text{P}$	$x = x' + y$
$\text{Al}_x\text{In}_{1-x}\text{P} - \text{Al}_{x'}\text{Ga}_y\text{In}_{1-x'-y'}\text{P}$	$x = x' + y$
$\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{P} - \text{Al}_{x'}\text{Ga}_{y'}\text{In}_{1-x'-y'}\text{P}$	$x+y = x'+y'$

nes sólidas AlGaInP. En particular, en esta sección isoperiódica se crecen con ayuda de diferentes métodos tecnológicos heteroláseres que funcionan en la región amarillo-verde del espectro visible.

La relación del ancho de la brecha prohibida respecto a la composición se muestra en la figura 5(a), para el AlGaInP y puede ser representada tridimensionalmente, en tanto que las composiciones de la fase sólida cuaternaria AlGaInP se representan con ayuda de un triángulo equilátero, en cuyos lados se encuentran los sistemas ternarios GaInP, AlInP y AlGaP. En la figura 6, la dependencia del ancho de la brecha prohibida respecto de la composición para los sistemas ternarios se localiza en los planos verticales, y para el GaInP, esta dependencia se representa por la línea ABC, para el AlInP por CDE y para el AlGaP por AE. La región de composiciones con estructura de bandas de transición indirecta del sistema cuaternario se representará por una superficie ABDE y las regiones con estructura de bandas de transiciones directas por CBD. La línea de intersección de estas superficies BD corresponde al paso de las zonas con estructura de transiciones directas a las indirectas.

En el triángulo de concentraciones GaP-AlP-InP, que se localiza en el plano horizontal, las líneas paralelas a las bases corresponden a la concentración fija de los componentes, por ejemplo, la línea paralela al eje GaP-AlP caracterizará las soluciones sólidas con un contenido invariable de InP. Así, si por los lados InP-AlP y InP-GaP se trazan segmentos iguales y a partir de éstos se reconstruye un plano vertical con líneas

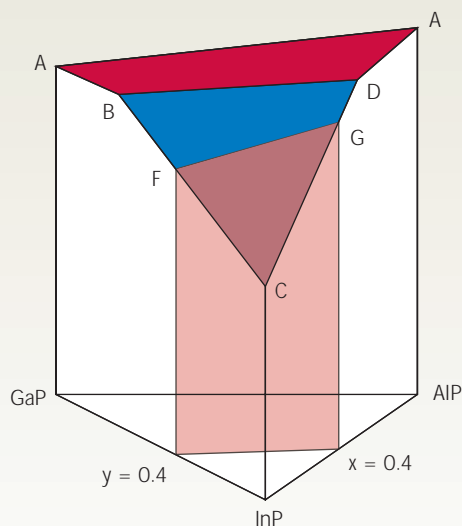


Figura 6. El sistema GaP-InP-AIP se representa mediante un triángulo equilátero. Los lados del triángulo forman soluciones sólidas ternarias, mientras que los planos proyectados forman soluciones sólidas cuaternarias.

rojas más delgadas (véase fig. 6), entonces, por la línea de intersección de éste con el plano BCD se encontrarán localizadas las soluciones sólidas cuaternarias con diferentes valores de E_g , pero con igual parámetro de red. Para el caso particular de $y = x = 0.4$ (véase fig. 6), a lo largo de la línea FG encontraremos todas las soluciones cuaternarias con una brecha prohibida intermedia entre las de $Ga_{0.4}In_{0.6}P$ y $Al_{0.4}In_{0.6}P$, pero con igual composición de InP y por tanto con una misma constante de red. De hecho la figura 5(a) puede obtenerse de la figura 6, si los planos en los que están representados $E_g(y)$ para GaInP y $E_g = E_g(x)$ para AlInP se emparejan, girándolos sobre el eje de InP.

En el cuadro II se ilustran diferentes variantes de heterouniones ideales en el sistema AlGaInP y las condiciones de isoperiodicidad de los componentes de las heteroparejas.

En la figura 7, aparecen las coordenadas $E_g - \alpha(\text{\AA})$ y en ellas están representadas con puntos las nueve aleaciones binarias de los grupos III-V. Los materiales con estructura indirecta de bandas, se señalan con un asterisco, y los puntos que caracterizan a las aleaciones binarias están unidos por líneas que se describen mediante la función $E_g = E_g(\alpha)$, ya que, como se mencionó anteriormente, en correspondencia con la ley de Vegard el parámetro de red varía de manera lineal. Las funciones $E_g = E_g(\alpha)$ mostradas en la figura 7 son, de hecho, dependencias del ancho de la brecha prohibida, respecto a las composiciones para diferentes sistemas de soluciones sólidas ternarias, parte de las cuales ya fueron analizadas en las figuras 4 y 5, y en tal caso, si una solución sólida ternaria, formada por alea-

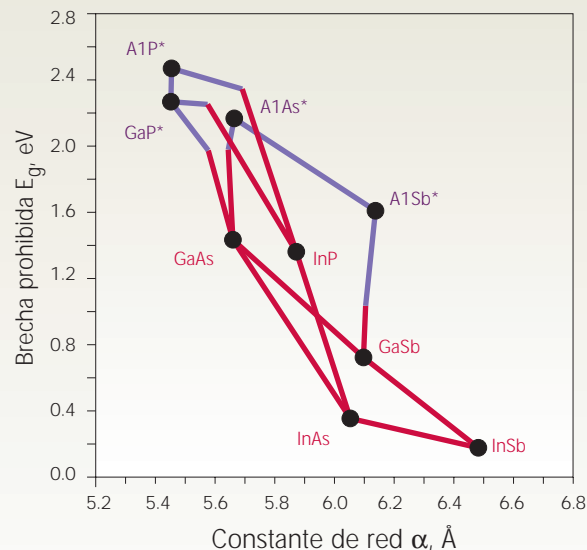


Figura 7. En esta gráfica se representan las nueve aleaciones binarias, cuyas posiciones en la gráfica dependen de sus valores de E_g y α . Con color azul se ilustran las transiciones indirectas y con rojo las directas.

ciones binarias en la que una de éstas tiene estructura directa y la otra indirecta, la dependencia $E_g = E_g(\alpha)$ se caracteriza por una línea quebrada. Se ve que estos sistemas son: AlInP, AlGaP, GaAsP, etc. Si la solución sólida está formada por dos aleaciones con igual tipo de estructura de bandas, entonces, la función $E_g = E_g(\alpha)$ se representa con una línea sin punto de quiebre, ya que este tipo no cambia al variar la composición; por ejemplo, las soluciones sólidas GaInAs, InAsP, GaInSb, etc. tienen una estructura directa de bandas y otras, como AlGaP, AlAsSb, etc. la tienen indirecta, en ambos casos, en todo el intervalo de composiciones. En la figura 7 las soluciones sólidas ternarias con estructura indirecta de bandas están representadas por una línea de color azul, y las directas por una línea de color rojo.

Al hablar en lenguaje estricto, prácticamente todas las funciones $E_g = E_g(\alpha)$ que son equivalentes a las dependencias de $E_g = E_g(x)$ y $E_g = E_g(y)$ para las soluciones sólidas ternarias de los grupos III-V no tienen carácter lineal. En algunos casos, como por ejemplo, en los sistemas GaAsSb e InAsSb éstas son descritas por líneas con una curvatura muy pronunciada; sin embargo, para simplificar las funciones $E_g = E_g(\alpha)$ o $E_g = E_g(x)$ y $E_g = E_g(y)$ son representadas por líneas rectas. Las líneas que unen a diferentes puntos en este dibujo muestran la dependencia del ancho de la brecha prohibida respecto de la composición, para varias soluciones sólidas ternarias, y las áreas que corresponden a los sistemas cuaternarios se localizan entre estas líneas. Es posible obtener diferentes combinaciones de soluciones sólidas cuaternarias con compuestos binarios III-

V que pueden utilizarse en calidad de sustratos y cubrir varias áreas espectrales, algunos ejemplos de esto son las combinaciones mostradas en el cuadro III.

Vamos a analizar con detalle uno de los sistemas cuaternarios de más importancia desde el punto de vista práctico, el de las soluciones sólidas de $Ga_xIn_{1-x}As_yP_{1-y}$, y como esto se puede observar en la figura 8, existen dos secciones isoperiódicas con el GaAs y el InP en este sistema, y en la primera intersección es posible construir heteroláseres de inyección sobre sustratos de GaAs. Estos láseres tienen una longitud de onda de generación alrededor de 0.8 μm , que corresponde a la línea de absorción del YAG:Nd y por ello pueden ser utilizados para bombear láseres de estado sólido. La segunda sección isoperiódica (InP) cubre el área espectral de 0.92 - 1.65 μm , es muy importante para los sistemas de comunicación por fibra óptica, porque en esta región espectral las fibras ópticas modernas tienen pérdidas mínimas y una dispersión igual a cero.

La tecnología para la construcción de láseres de alta potencia, basados en los sistemas GaInAsP/GaAs y GaInAsP/InP se desarrolla actualmente con éxito en el Instituto Ruso Físico-Técnico A.F. Ioffe, pero nosotros construimos este tipo

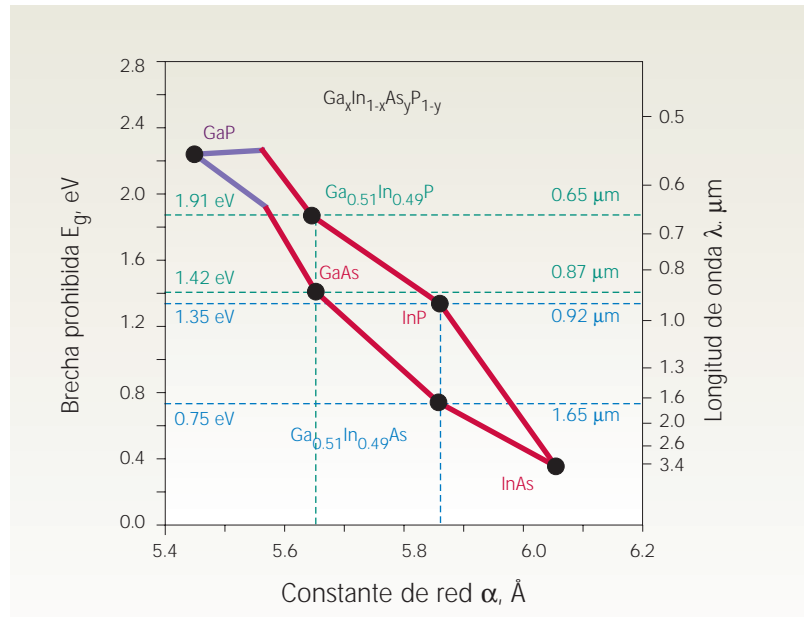


Figura 8. Se muestran las secciones isoperiódicas de la solución sólida cuaternaria $Ga_xIn_{1-x}As_yP_{1-y}$. La primera sección isoperiódica corresponde al GaAs, con una longitud de onda en el intervalo de 0.65 a 0.87 μm , y la segunda al InP con una longitud de onda entre 0.92 y 1.65 μm .

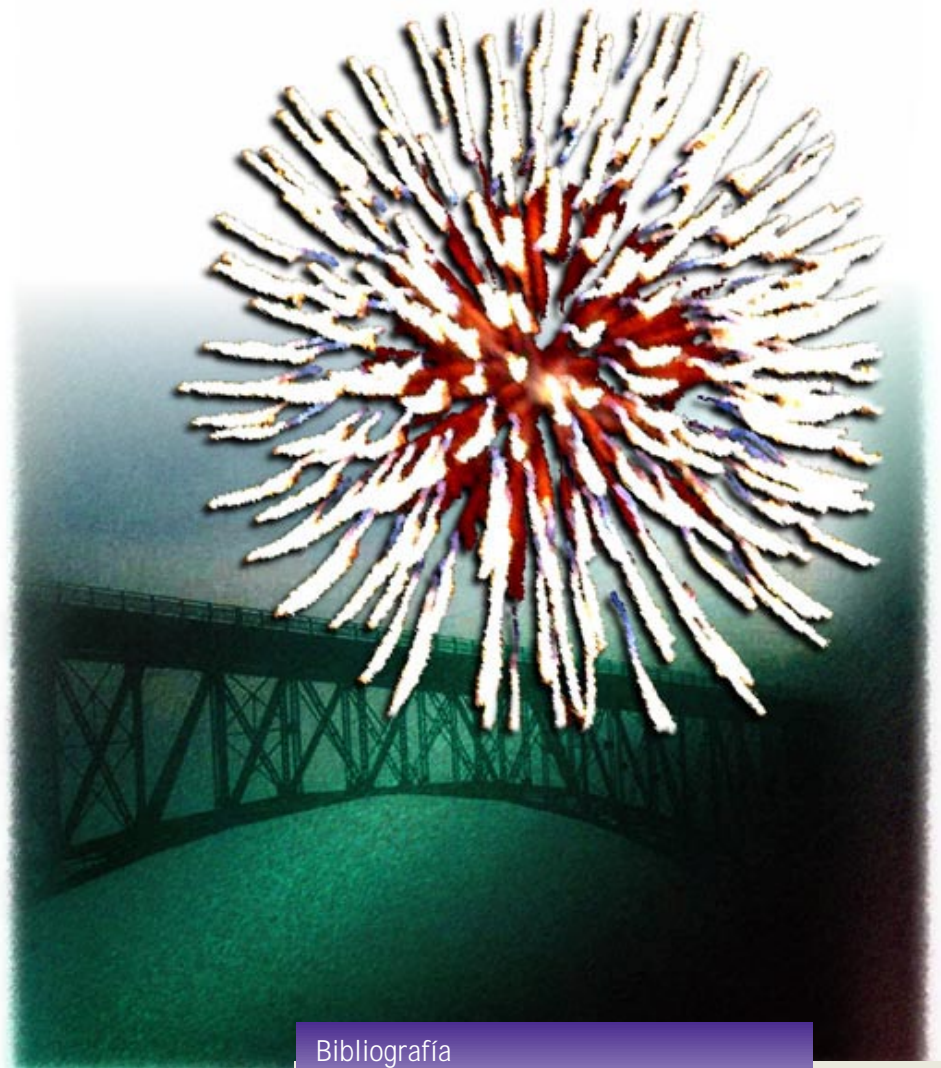
de láseres mediante heteroestructuras con confinamiento electrónico-óptico separado (SQW SC).

Por último, queremos mencionar otra combinación de soluciones sólidas, muy importante por sus aplicaciones prácticas; nos referimos al InGaAsSb y al AlGaAsSb, materiales que tienen secciones isoperiódicas con el GaSb y con el InAs, mediante los cuales se pueden construir dispositivos optoelectrónicos, tales como láseres, fotodiodos, fotodetectores, etc., que funcionan en longitudes de onda $\lambda > 2 \mu m$. Los dispositivos colocados en esta región espectral se utilizan para el monitoreo de la contaminación ambiental y en la espectroscopía.

Cuadro III

Algunas heterouniones ideales entre diferentes sistemas de soluciones sólidas de los grupos III-V

GaAs – AlGaAs	InP – GaInAsP	GaSb – AlGaAsSb	InAs – GaInAsSb
GaAs – AlGaInP	InP – AlGaAsSb	GaSb – GaInAsSb	InAs – AlGaAsSb
GaAs – GaInAsP	InP – GaInAsSb	GaSb – InAsSbP	InAs – InAsSbP



V. Conclusiones

En conclusión, podemos señalar que en la actualidad se utilizan y estudian diferentes sistemas de soluciones sólidas de los grupos III-V en compañías y laboratorios de investigación de todo el mundo, y basándose en estos materiales, con ayuda de métodos tecnológicos de crecimientos epitaxiales de cristales por haces moleculares, de fase de vapor y de fase líquida, se ha logrado obtener la más diversa gama de heteroestructuras, lo mismo que una gran variedad de dispositivos semiconductores y en particular los que se requieren en los sistemas optoelectrónicos. 🌐

Agradecimientos

Los autores de origen ruso agradecen al Conacyt el apoyo otorgado durante su estancia en el país, y al Instituto de Investigación en Comunicación Óptica de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, lugar donde actualmente laboran, las facilidades brindadas para poder desarrollar su actividad científica.

Bibliografía

1. Gorelik, S.S., y M.Ya Dashevskii. "Materialovedenie Poluprovodnikov i Dielektrikov" (Estudio de los materiales semiconductores y dieléctricos), *Metallurgiya*, Moscow, 1988.
2. Milnes, A.G., and D.L. Feucht. *Heterojunctions and Metal-semiconductor Junctions*, New York, 1972, Academic Press.
3. Casey, H.C., Jr., and M.B. Panish. *Heterostructure Lasers*, New York, 1978, Academic Press.
4. Johnson, E. J., I. Filinski, y H.Y. Fan. "Proc. Int. Conf. Phys. Semiconduct.," *Exeter*, London, 1962, Inst. of Phys. and Phys. Soc., p. 375.
5. Turner, W.J., and W.E. Reese. *Radiative Recombination in Semiconductors*, Paris, 1964, París, 1965, Dunod, p. 59.
6. Abramov, A.V.; I.N. Arsent'ev; V.A. Mishournyi *et al.*, *Tech. Phys. Lett.*, 2, 1976, p. 78.
7. J. Gowar. *Optical Communication Systems*, London, 1984, Prentice-Hall Int., Inc.



Figura 1.
Presencia del
plomo en vasijas
de cerámica, de
uso común en
nuestro país.

El plomo

y sus efectos en la salud

ELIZABETH HERNANDEZ PEREZ

Es difícil imaginar que muchas de las cosas que utilizamos a diario contienen plomo, elemento químico (Pb^{82}) que se encuentra presente en la gasolina, en las pinturas, en los cigarrillos, en algunos utensilios de cocina e incluso en los juguetes. El potencial tóxico del plomo ha sido conocido por el hombre desde la antigüedad (su uso data desde tiempo de los romanos), y a pesar del conocimiento histórico de sus efectos tóxicos, éstos siguen siendo en la actualidad un problema de salud pública.

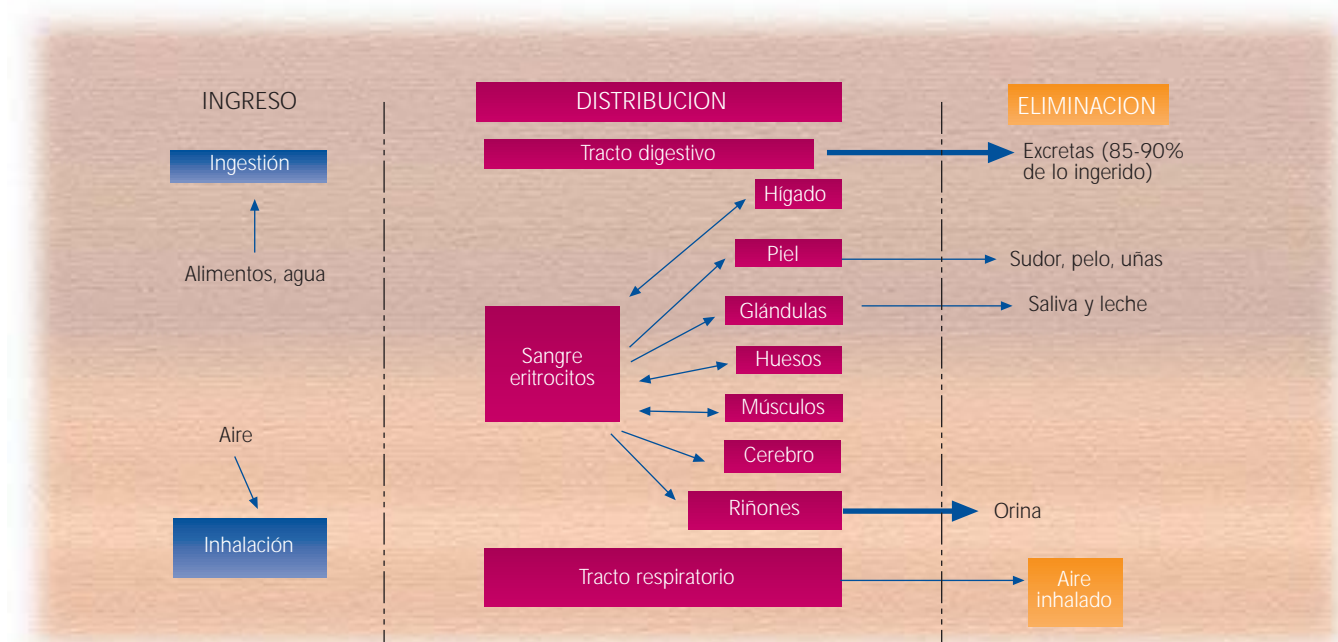


Figura 2. Vías de absorción, distribución y eliminación del plomo en el organismo humano. Modificado de Corey, 1986.

Fuentes de emisión

El plomo, bajo la forma de diversos compuestos, es usado en numerosas actividades e industrias del hombre, entre las que destacan la metalurgia, la alfarería y la química, (véase fig. 1). La emisión del metal o de sus derivados hacia el aire constituye el mecanismo primario, mediante el cual se produce la extensa y variada contaminación del ambiente, y por esta ruta se llegan a alcanzar muy altas concentraciones.

Vías de absorción

La absorción del metal no sólo depende de la cantidad de plomo que existe en el ambiente, sino que influyen diversos factores como el estado físico y químico del metal, la edad, el estado fisiológico y nutricional, y los hábitos personales, como el tabaquismo y el alcoholismo de la persona expuesta. El plomo puede ser absorbido por ingestión, por inhalación o a través de la piel.

Absorción gastrointestinal

La absorción gastrointestinal en adultos representa menos del 10% del plomo absorbido y es dependiente de diversos factores, como por ejemplo el tipo de dieta. Existe evidencia experimental sugerente de que el plomo puede inhibir el transporte de calcio a través de la pared in-

testinal, y en experimentos realizados con ratas se ha descrito que una dieta baja en calcio incrementa aproximadamente cuatro veces el contenido de plomo en la sangre.

Absorción por inhalación

Se ha informado que en la región pulmonar la absorción depende del tamaño de las partículas de plomo, estableciéndose que cerca de un 35% del que existe en el ambiente puede depositarse en las vías pulmonares, la mayor parte en alveolos y bronqueolos terminales (véase fig. 2).

Absorción cutánea

Se estima que la absorción cutánea sólo tiene importancia ante el contacto de compuestos orgánicos de plomo. La piel es bastante eficiente como barrera a la entrada del tóxico; sin embargo, las formas que se disuelven en grasa, como los compuestos tetraetilados y alquílicos, pueden penetrar con relativa facilidad (véase fig. 2).

Distribución a los diferentes órganos

El plomo absorbido se distribuirá entre los diferentes órganos del cuerpo; el metal es transportado por la sangre y circula por el organismo unido a los glóbulos rojos, se deposita en los riñones, el hígado, la piel, las

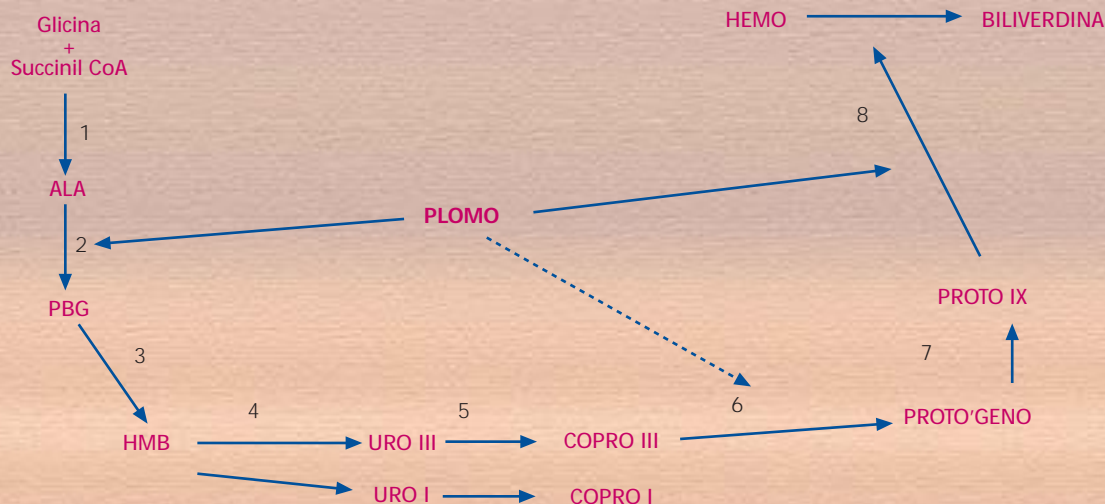


Figura 3. Vía de biosíntesis del grupo hemo. La flecha con línea discontinua propone una inhibición en la actividad de la oxidasa del coproporfirinógeno, en tanto que las líneas gruesas apoyan la inhibición o alteración del ácido delta aminolevulinico sintetasa y de la ferroquelatasa, todo ello causado por exposición aguda o crónica al plomo. Metabolitos de la vía ALA (ácido delta aminolevulinico) PBG (porfobilinógeno) HMB (hidroximetilbilano), URO III (roporfirinógeno III), URO I (roporfirinógeno I), COPRO III (coproporfirinógeno III) COPRO I (coproporfirinógeno I) PROTO'GENO (protoporfirinógeno), PROTO IX (protoporfirina IX).

glándulas, el sistema nervioso y los huesos, de donde puede ser movilizado nuevamente. Se ha informado que el hígado tiene una alta captación del metal, pero se considera al sistema óseo como el sitio más importante de depósito para el plomo, cuya cantidad en los huesos aumenta conforme avanza la edad de la persona.

Excreción

La excreción del plomo es predominantemente renal; una parte se elimina en la bilis y en secreciones gastrointestinales, apareciendo así en las heces, y otra fracción lo hace por el pelo, las uñas, el sudor y las lágrimas. Se calcula que la excreción del plomo en las heces es del 10%, y puede considerarse como no absorbido gastrointestinalmente (véase fig. 2).

Efectos tóxicos del plomo

Interacción del plomo con procesos bioquímicos

El plomo inhibe una variedad de vías bioquímicas intracelulares, provoca reducción general en el crecimiento celular, y uno de sus efectos más importantes en el organismo humano es que altera la producción del grupo hemo, el cual forma parte de algunas proteínas importantes como la hemoglobina (proteína que transporta oxígeno

en la sangre). El proceso que da lugar a la hemoglobina está mediado por un mecanismo denominado "vía bioquímica del grupo hemo" y en ella participan distintas enzimas y metabolitos. Se sabe que el plomo interfiere en distintos puntos de esta vía (véase fig. 3), y este hecho desencadena diferentes alteraciones en el organismo humano, cuyos órganos y sistemas pueden ser afectados, principalmente el hígado y el sistema nervioso central.

Hasta hace algunos años, la carga de plomo en el organismo se determinaba en sangre y orina; sin embargo, recientemente se ha encontrado que los participantes de la vía del hemo resultan una buena alternativa para monitorear dicha carga. La ventaja de medir estos metabolitos reside en que son muy sensibles, e incluso logran detectar cambios inducidos a bajas dosis de plomo, y los más utilizados como monitores son el ácido 5 aminolevulinico, la coproporfirina en orina y la zinc protoporfirina en sangre.

Sistema nervioso

Se ha reconocido que los niños son más sensibles que los adultos a las intoxicaciones por plomo, éste provoca encefalopatías agudas (se denomina así a cualquier enfermedad generalizada del encéfalo), ataxia (falta de coordinación de la actividad muscular en varias partes del cuerpo) y convulsiones de carácter fatal con frecuencia, así

como desórdenes y disminución en el aprendizaje cognitivo, y conducta hiperactiva. Muchas de las aberraciones biológicas producidas por el plomo parecen estar relacionadas con la capacidad del metal para inhibir o mimetizar al calcio, que en el sistema nervioso desempeña un papel esencial en la liberación de los neurotransmisores.

Riñón

En la región renal, el plomo en forma aguda provoca cambios funcionales y morfológicos en células tubulares proximales, que clínicamente se manifiestan con disminución de las funciones dependientes de la energía, las cuales incluyen aminoaciduria, en tanto que, intracelularmente, ocasiona cambios en organelos como la mitocondria, que puede mostrar distorsión en sus crestas, así como hinchamiento. En el riñón se han encontrado complejos de proteínas y plomo, denominados “cuerpos de inclusión”, que se intercalan con el material genómico, dando lugar a la expresión de nuevos genes, los cuales podrían ser oncogenes, es decir, causar un efecto carcinogénico, como en los trabajadores ocupacionalmente expuestos al plomo, en quienes se han reportado casos de cáncer renal.

Perspectivas

Los efectos tóxicos provocados por el plomo son muchos, en algunos casos de consecuencia letal, y a pesar de que los intermediarios de la vía del hemo se consideran buenos biomarcadores de daño temprano por exposición al metal, y podrían ayudar a detectar y tratar a tiempo una lesión ocasionada por el plomo, siempre será mejor prevenir la intoxicación que éste causa . ●

Agradecimientos

Expreso mi reconocimiento a la doctora María Concepción Gutiérrez Ruiz, a la maestra en ciencias Mina Konigsberg y a la bióloga Alma Arellano por sus atinados comentarios al presente texto.

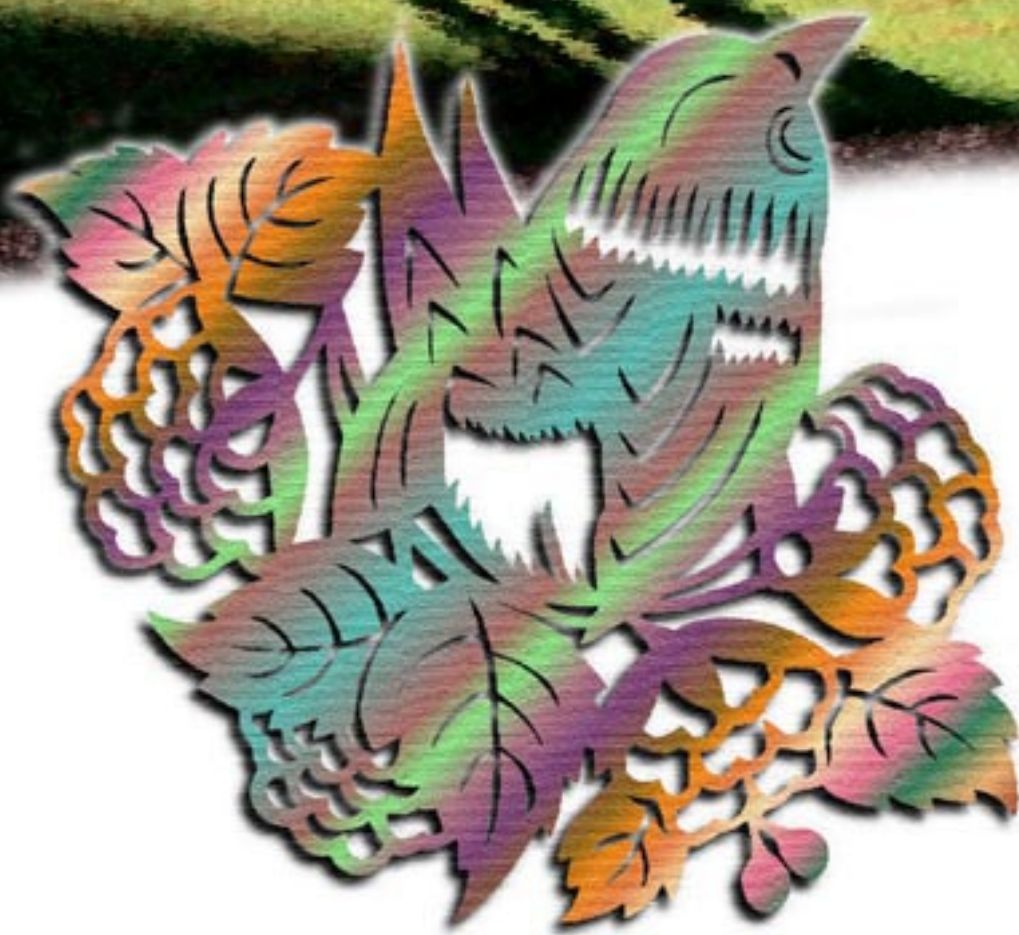


Bibliografía

- Corey, G.O., y L.A. Galvao. *Serie de vigilancia 8, Plomo*. Ed. OMS México, 1986.
- Klassen, C.D. “Los metales pesados y sus antagonistas”, en *Las bases farmacológicas de la terapéutica*, Goodman y Gilman, 6a. edición, 1982, Ed. Panamericana.
- Simmonds O.L.; Ch.L. Luckhurts, y J.S. Woods. “Quantitative Evaluation of Henme Biosynthetic Pathway Parameters as Biomarkers of Low-levels Lead Exposure in Rats”, *J. Toxicol. Environ. Health*, 44, 1995, pp. 351-367.
- Vallé, B.L., and D.D., Ulmer, “Biochemical Effects of Mercury, Cadmium and Lead”, *Annual Review of Biochem.*, 41, 1972, pp. 91-127.
- Waldrom, H.A. “Lead”, in *Metals in the Environment*, London, 1980, Academic Press, 333 p.

¿Educación ambiental o alfabetización global?

MIREIA ARTIS Y ALICIA LARA





“La supervivencia de la humanidad dependerá de nuestra capacidad de alfabetización ecológica, de nuestra habilidad para entender los principios de la ecología y de vivir de acuerdo con ellos. Cuando miramos la vida miramos redes.”

Fritjof Capra, The Web of Life, 1997.

En la ciudad de Berkeley, en los Estados Unidos, se ha creado una institución llamada *Center of Ecoliteracy* (Centro de Alfabetización Ecológica), cuyo objetivo es traducir, en lenguaje comprensible, los principios básicos de la ecología, con el fin de difundirlos, especialmente en el nivel de educación primaria. “Desde nuestro punto de vista –dice Fritjof Capra, uno de los estudiosos de este Centro– ser literato ecológico o ecoliterato quiere decir entender los principios básicos de la organización de determinadas comunidades, por ejemplo los ecosistemas, y utilizarlos para crear comunidades humanas sostenibles. En particular, consideramos que los principios de la ecología deberían ser los que guiarán a dichas comunidades en su aprendizaje; en otras palabras, la alfabetización ecológica ofrece un sistema para la reforma educativa.” El reto al que se enfrenta hoy la educación, en todos sus niveles y disciplinas es no sólo incorporar los nuevos conocimientos que se acumulan a ritmo cada vez más acelerado, sino enseñar a cambiar la perspectiva que tenemos del mundo y de nosotros mismos.

Desde el nacimiento de la ciencia moderna se ha insistido en la necesidad de partir, de separar el mundo en compartimentos estancos, para poder analizarlo y comprender el funciona-

miento de sus componentes –que hemos conseguido dividir hasta el infinito. Este pensamiento reduccionista es la filosofía subyacente a cualquier investigación de la ciencia actual; sin embargo, los problemas ambientales que nos afligen muestran que quizá nos hemos olvidado de volver a juntar aquello que habíamos separado y sin lo cual anulamos una característica fundamental, las relaciones entre las partes, la organización del todo. Con la valiosa información acumulada gracias al análisis científico reduccionista del mundo, ahora deberíamos aprender a integrarnos a la naturaleza y, en este sentido, grandes y chicos seríamos analfabetas; por ello nuestro punto de vista es que el programa del Centro de Alfabetización Ecológica debería, también, dirigirse a la población adulta.

La crítica al quehacer reduccionista de la ciencia ya la habían lanzado los románticos del siglo pasado, quienes defendían la idea de la interdependencia de los componentes de todo sistema. En biología, por ejemplo, sostenían que la disección, cuya finalidad es conocer a los seres vivos, sería algo absurdo ya que sólo permite analizar a un ser muerto. La mirada unificadora de los románticos rechaza incluso el dualismo entre cuerpo y alma que, según los antagonismos clásicos, diferenciaría a la especie humana del resto de la naturaleza. Goethe, por ejemplo, veía en la concepción dualista el origen de las actitudes de dominación de nuestra especie so-

bre el entorno y, como reacción, preconizaba el aprecio del todo, en el que el ser humano no sería más que un elemento en armonía con la totalidad orgánica del universo.

Hoy, la esperanza de superar los problemas globales del entorno se fundamenta en la creación y el mantenimiento de comunidades humanas sostenibles, integradas en lo posible a los ciclos de la naturaleza que nos enseña la ecología, es decir, el estudio de las relaciones que unen a todos los miembros de la “casa Tierra”,* y una herramienta que ahora parece fundamental dentro de los estudios ecológicos es la llamada Teoría de los sistemas vivos que, como las de otros sistemas (la cibernética, o la psicología Gestalt...), plantea: “Aunque podamos distinguir las partes en un sistema, la naturaleza del todo es siempre diferente que la mera suma de sus partes.” Además, indica que cada una de las partes integrantes es, a su vez, un sistema. Un organismo puede dividirse en órganos pero cada uno de ellos constituye un sistema de interacciones de sus elementos que no se puede comprender si sólo consideramos las propiedades de dichos elementos. Y el organismo entero es parte, a su vez, de un sistema más amplio, el de sus relaciones con otros seres vivos y con todos los factores físicos y químicos que lo rodean, es decir, un ecosistema, cuyo modelo más amplio sería la biosfera.

La metodología de las ciencias ecológicas se basa en esta manera de ubicar cualquier elemento de estudio dentro de una red de interacciones en varios niveles. El objetivo principal de la educación ambiental sería, pues, transmitir esta nueva manera de percibir cualquiera de los objetos que nos rodean, y enseñar a mirar así, en particular, a las sociedades humanas. La idea es que si los ecosistemas tienen mecanismos, como los de retroalimentación, que los hacen sostenibles, y las sociedades humanas algunas cosas en común con las comunidades ecológicas, podemos tratar de aplicar los mecanismos que funcionan en éstas a las comunidades humanas con objeto de hacerlas sostenibles.

Capra, afirma: “Actualmente, existen muchas diferencias entre los ecosistemas y las comunidades humanas. No hay

cultura en los ecosistemas, ni conciencia, ni justicia ni igualdad, de tal manera que no podemos aprender nada sobre los valores humanos a partir de los ecosistemas. Pero lo que podemos aprender, y aprendemos de hecho, es cómo vivir de una manera sostenible. Durante más de tres mil millones de años de evolución, los ecosistemas se han organizado para maximizarse sosteniblemente. El conocimiento de la naturaleza es la esencia de la capacidad ecológica de alfabetización.” Así, para aprender a mirar y a trabajar con esta nueva visión deberemos tener claros algunos conceptos básicos, como interdependencia, modelos, redes, movimientos cíclicos, retroalimentación, asociación, flexibilidad, diversidad.

El principio de interdependencia indica que “el ecosistema no es sólo una colección de especies, sino una comunidad, lo cual significa que sus miembros dependen unos de otros”. Tomar en cuenta a los individuos o los objetos, lo mismo que sus relaciones, contradice la manera clásica de la metodología científica –que todo lo quiere medir–, puesto que las relaciones son inmensurables; lo que sí podemos hacer es representarlas mediante un modelo que nos permita visualizar y proyectar dichas relaciones. La teoría de sistemas es una manera, entre otras, de representar los modelos y, por lo tanto, de estudiarlos, y para ello uno tiene que aprender a valorar la calidad en lugar de la cantidad, aprendizaje que no es nada fácil. Históricamente, cuando en ciencia se planteó alguna vez determinado estudio a partir de un modelo, los artistas hicieron importantes aportaciones a la ciencia, por ello toca citar de nuevo a Goethe, quien hizo estudios de biología proponiendo modelos.*

Un modelo puede presentar múltiples formas, y los modelos de vida de los ecosistemas se presentan en forma de redes, es decir, de relaciones que van en todas direcciones. En ellas se pueden distinguir circuitos cerrados en donde descubrimos que la información sigue un movimiento de retroalimentación (*feedback* en inglés), una especie de autoaprendizaje. En este proceso existe reciclaje, pues aparecen movimientos cíclicos), en los que la materia y la energía circulan en forma de círculo,

*Se recomienda la lectura de *Enciclopedia Biosfera*, vol. 11, Barcelona, 1998, Enciclopedia Catalana, UNESCO.

*Se sugiere la lectura de Goethe, J. W. *Teoría de la naturaleza*, “Antología”, estudio preliminar, traducción y notas de D. Sánchez Meca, Madrid, 1997, Editorial Tecnos, 251 p.



y en tal sentido se habla del ciclo del carbono, del ciclo del fósforo, del ciclo del agua, que Capra explica así:

Cuando existe una red, por ejemplo en una comunidad, ésta se puede regular por sí misma. Puede aprender de los errores ya que ellos viajarán a través de estos círculos de *feedback*. Así comprenderemos y la próxima vez lo haremos de manera diferente (...). Una vez que entendemos que la vida es una red, asumiremos que una característica clave de la vida es el aprendizaje y la capacidad de auto-organizarse... Modelos sostenibles de energía y consumo necesitan ser círculos, que imiten los procesos de los ecosistemas, en los cuales no hay residuos ya que el residuo de una especie es la comida de otra.

Antes de dejar de hablar sobre este tema del reciclaje, quiero hacer ver que también es aplicable a las ideas; una organización sostenible se renueva continuamente para reciclar sus ideas. La información, en la organización sostenible no se mueve de arriba a abajo a través de una jerarquía. Hay un continuo intercambio cíclico.

Al estudiar los movimientos cíclicos en un ecosistema –por ejemplo de los alimentos– descubrimos que la cooperación y la asociación son frecuentes, y que la flexibilidad es la manera más eficaz que éstos han encontrado para responder a los cambios de las circunstancias. Los ciclos son flexibles, dado que los caminos de retorno o de reacción no son únicos, y si hay un vínculo de la red que no funciona, otro hará su función. Así, cuando se presenta un problema, las respuestas no

son únicas, sino diversificadas, pues la diversidad es otra de las características de un ecosistema.

La enseñanza de esta manera de funcionar no es fácil pero, según Capra, es indispensable para que la comunidad humana sea consciente de la interdependencia de sus miembros y deje de fragmentarse en pequeños grupos o individuos aislados, a quienes se ha enseñado a defender sus intereses con la idea de que éstos no tienen nada que ver con los del vecino. La ecología nos muestra que los intereses más importantes de cada individuo son comunes a toda nuestra especie y, en último término, a toda la biosfera, por lo tanto, hay que enriquecer las relaciones, la circulación de información y de ideas, establecer una red flexible en donde haya una circulación eficiente de materia y energía, en donde los residuos, y por ende la contaminación –tanto espiritual como material– disminuyan gracias al reciclaje.

El conocimiento de las funciones globales de la biosfera avanza muy lentamente, pero programas como el IGBP (*International Geosphere-Biosphere Program*, Programa Internacional Geosfera-Biosfera), conocido también con el nombre de *Global Change* (Cambio global), han permitido avanzar en los procesos que regulan el sistema global de la Tierra, los cambios que experimentan y el papel desempeñado por las actividades de los humanos en estos cambios. Falta ahora la transmisión de estos conocimientos al conjunto de la sociedad, de manera clara y objetiva, en particular a los dirigentes políticos, ya que muchos de los problemas relacionados con las actividades humanas no tienen solución sin estructuras políticas que faciliten e impulsen cambios importantes en los comportamientos individuales y sociales. ●



Las ilustraciones del presente texto están basadas en el artículo "Information Revolution", aparecido en National Geographic, vol. 188, núm. 4, octubre de 1995, pp. 5-37.

Las generaciones de computadoras

JESUS LEYVA RAMOS

Mediante su desarrollo, las computadoras han presentado características muy particulares en diferentes periodos llamados generaciones. En la actualidad se consideran únicamente cinco periodos, y el siguiente siglo traerá nuevas generaciones con impresionantes tecnologías.

Antecedentes históricos

Las civilizaciones antiguas, como la caldea, sumeria, babilónica y egipcia, utilizaban de manera cotidiana números, cuentas, representaciones y procesos matemáticos en sus operaciones más elementales. Por su parte, los mayas lograron definir el ciclo lunar con un error inferior a 8 horas en 300 años; los árabes introdujeron el sistema decimal, el más usual de los sistemas numéricos que se utilizan hasta la fecha, y aportaron también el álgebra, punto de partida de la trigonometría, el cálculo integral y diferencial, y otras tantas metodologías matemáticas que constituyen las principales herramientas de los científicos modernos. Además, los griegos también hicieron grandes descubrimientos y aportaciones en este campo.

Tener instrumentos para realizar operaciones aritméticas

ha sido siempre una de las principales necesidades del hombre. Uno de los instrumentos más antiguos e ingeniosos para realizar operaciones es el ábaco, que fue inventado independientemente por los chinos y los griegos entre los 2000 y 3000 años a.C. Este instrumento primitivo, antecesor de las computadoras modernas, consiste en un cuadro rectangular, que tiene varios alambres paralelos, y cada uno de ellos soporta un número de esferitas que se pueden deslizar a lo largo de los mismos. Los romanos llamaron a estas bolitas *calculi*, plural de *calculus* que quiere decir guijarro o piedra, y esta raíz latina ha llevado a la palabra cálculo, que hoy en día es muy usada. Con la manipulación apropiada de las bolitas, un operador experto puede sumar, restar, multiplicar o dividir con sorprendente velocidad. Sin embargo, la ciencia tiene la última palabra y en la actualidad las supercomputadoras más complejas pueden realizar sus operaciones en un billonésimo de segundo.



Un instrumento muy común que fue usado por mucho tiempo para realizar operaciones, aproximadamente durante 350 años, es la regla de cálculo, inventada por William Oughtred en 1621 y basada en los logaritmos neperianos, en tanto que las calculadoras, incluyendo dispositivos tan familiares como las máquinas sumadoras, calculadoras de escritorio y cajas registradoras fueron inventadas más recientemente. Un paso importante en el desarrollo de tales máquinas calculadoras ocurrió en 1642, cuando el matemático, filósofo y escritor francés Blaise Pascal, a los 19 años, cansado de hacer largas sumas, diseñó y construyó una máquina sumadora: la Pascalina,¹ de la que todavía existen auténticos modelos. El concepto primario que introdujo esta máquina fue la mecanización del acarreo, pues sumaba y restaba directamente, pero las multiplicaciones y divisiones se obtenían con sumas y restas repetidas. Durante otros 300 años, este tipo de acarreo automático constituyó el principio fundamental de todos los instrumentos de cálculo, desde el odómetro del automóvil hasta las calculadoras de escritorio.

En el año 1833, el matemático inglés Charles Babbage inventó la llamada máquina analítica, que tiene los mismos principios básicos empleados en las computadoras digitales modernas. Babbage fue tal vez el primer hombre que visualizó una computadora completa de propósito general, con un esquema de programación y una unidad de memoria, la cual tenía el mismo principio de las tarjetas perforadas de Jacquard como entrada y salida, pero por desgracia la computadora de Babbage nunca fue terminada, pues los desarrollos tecnológicos de aquel tiempo no eran lo suficientemente avanzados para producir componentes con las tolerancias requeridas.

En el año de 1854, el matemático inglés George Boole publicó su libro titulado *Una investigación de las leyes del pensamiento, en las cuales están basadas las teorías matemáticas de la lógica y la probabilidad*. Este trabajo sentó las bases del álgebra booleana, en la cual las leyes del pensamiento están representadas de manera matemática. La idea básica de Boole era que si las simples proposiciones de la lógica podían representarse por medio de símbolos precisos, las relaciones entre dos proposiciones se leerían en forma tan exacta como una ecuación algebraica. La intención de George Boole era realizar un análisis matemático de la lógica y no relacionó su teoría con dispositivos mecánicos o eléctricos.

Con posterioridad, en el año de 1899, el americano William S. Burroughs, hijo de un mecánico, inventó la máquina calculadora de multiplicación directa, que se volvería muy popular en todo el mundo, al introducirse en las oficinas como un instrumento eficaz para acelerar la contabilidad. Las máquinas calculadoras mecánicas, que posteriormente se transformaron en eléctricas, se produjeron en serie por importantes compañías y se difundieron con rapidez en todo el mundo de los negocios.

En el año de 1937, en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, el americano Claude Shannon describió el empleo de la lógica binaria para simplificar los circuitos eléctricos a base de relevadores e interruptores, y su trabajo dio una base teórica para la utilización de circuitos de cálculo en los procesadores electrónicos numéricos.

En 1944, y después de siete años de estudios, Howard H. Aiken, de la Universidad de Harvard, en colaboración con IBM desarrolló la primera calculadora automática universal, y en ella se aplican parte de las intuiciones de Charles Babbage y la idea de las tarjetas perforadas del telar de Jacquard. Conocida como MARK 1, la calculadora (Automatic Sequence Controlled Calculator) está guiada en su funcionamiento por una serie de instrucciones, y los datos son introducidos mediante tarjetas perforadas en una cinta de papel. Leyendo estas instrucciones y los datos, la máquina continúa trabajando sola sin intervención humana, y da los resultados del cálculo perforándolos sobre tarjetas o imprimiéndolos por medio de dos máquinas eléctricas de escribir. Dicha calculadora usaba una combinación de dispositivos electromecánicos y estuvo en operación por algún tiempo, generando múltiples tablas matemáticas. La máquina de Aiken fue una revolución en su tiempo, pero estaba limitada en velocidad por el uso de relevadores más que dispositivos electrónicos y por el empleo de tarjetas perforadas para la secuencia de las operaciones.

La primera computadora electrónica

Lo que marca el inicio de la tecnología de las computadoras modernas es el hecho de que, en 1943, investigadores de la Universidad de Pennsylvania proponen al Ejército de los Estados Unidos la realización de una má-

quina capaz de resolver problemas balísticos de artillería a alta velocidad. Proyectada por J. Presper Eckert y John W. Mauchly, la calculadora empieza a funcionar en febrero de 1946 con el nombre de ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator), y se emplea para ejecutar, además de los cálculos balísticos, otros trabajos científicos que van desde el estudio de los rayos cósmicos hasta investigaciones sobre energía atómica. En la ENIAC se eliminan las partes mecánicas en movimiento y se sustituyen con bulbos, que se activan mediante impulsos electrónicos e indican las cifras cuando los bulbos están en estado de mayor o menor conducción.

La ENIAC era una máquina grande que pesaba más de 30 toneladas, tenía aproximadamente 19 mil bulbos y cientos de miles de resistencias, capacitores e inductores. Ocupaba un área de 1 400 metros cuadrados y consumía más de 200 kilovatios de potencia; sin embargo, sólo podía ejecutar cinco mil sumas por segundo. Fue construida para desarrollar un trabajo único, el de los cálculos relativos a trayectorias balísticas, pero a fin de resolver un problema diferente era necesario modificar manualmente la posición de los diversos interruptores y las conexiones de los cables eléctricos, empleando gran cantidad de personal durante varios días.

Ya desde 1943, el científico de origen húngaro John von Neumann proyectó en el Instituto de Estudios Avanzados de la Universidad de Princeton lo que hoy es universalmente reconocido como el verdadero prototipo de las computadoras electrónicas modernas. La nueva máquina, que se llamó EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer), está basada en el concepto de almacenamiento de un programa; es decir, registra en su interior no sólo los datos para ser procesados, sino también las instrucciones para su propio funcionamiento, expresadas bajo la forma de números, y de esta manera se pasa de una instrucción a la otra, según las necesidades para resolver problemas diferentes. La máquina de Von Neumann fue producida concretamente en los años subsiguientes y comenzó a funcionar durante 1952 en la Universidad de Princeton.

La flexibilidad operativa introducida por Von Neumann permite el aprovechamiento de una máquina no sólo dedicada a un círculo muy estrecho de matemáticos y científicos, sino que facilita su aplicación para resolver los más variados problemas de orden administrativo, productivo y economi-



co. La máquina se convierte en procesador por su capacidad para ejecutar operaciones aritméticas a altas velocidades, además de procesar cualquier otro tipo de información. Los caminos hasta ahora del todo separados por los científicos para mecanizar sus propios cálculos, y por los hombres de negocios para organizar y elaborar los datos, convergen en una máquina única.

El nacimiento de la computadora, cuyas posibilidades superan en mucho a cuantos inventos habían sido realizados hasta entonces, origina una verdadera revolución científica y cultural, tal como la máquina de vapor lo había hecho posible dos siglos antes, durante la Revolución Industrial inglesa, y a lo largo del desarrollo de la computadora se han visto diferentes periodos o generaciones² que coinciden con algún aspecto en particular.

El desarrollo de las generaciones

La UNIVAC 1 (Universal Automatic Computer) fue la primera computadora electrónica digital disponible comercialmente, diseñada por Eckert y Mauchly en su propia compañía. La IBM entró a la competencia en 1953 con la IBM 701, que era una computadora grande proyectada para uso científico, y en 1954 con la IBM 650, una máquina de tamaño mucho más pequeño, usada para resolver problemas comerciales y científicos, que resultó un verdadero éxito. La IBM 701 fue la iniciadora de las series de computadoras 704, 709 y 7094, que tuvieron gran demanda en la categoría de máquinas grandes.

En 1947, la invención del transistor o dispositivo de transferencia de resistencia por William Shockley y sus colegas en los laboratorios Bell, de Murray Hill, N.J., inició la era del estado sólido en electrónica. El dispositivo estaba basado en el descubrimiento de que el flujo de electricidad a través de un sólido, como el silicio, puede ser controlado agregando impurezas con las configuraciones electrónicas apropiadas, y el bulbo o válvula termiónica era la tecnología dominante para ese trabajo en aquella época. El desplazamiento del bulbo, que es grande y caro, por el transistor pequeño, barato y que consumía poca energía, llevó a la segunda generación de computadoras y más que todo lo anterior mostró que se po-

día hacer extremadamente pequeño. El tamaño y la importancia de la industria de la computación creció a un ritmo acelerado, y así, los costos de las computadoras individuales bajaron de manera sustancial.

Las dimensiones del transistor son de algunos milímetros, en comparación con los centímetros que tienen los bulbos, permitiendo así construir máquinas con decenas de millares de circuitos complejos, contenidos en un espacio muy reducido. También aumenta la seguridad de funcionamiento porque los transistores operan en frío, evitando de este modo las fallas causadas por sobrecalentamiento, que se registraban con bastante frecuencia en los bulbos. En la práctica, la duración promedio de un transistor es por lo menos de 90 mil horas aproximadamente, equivalentes a más de 10 años de trabajo continuo. Casi diez años después, a Shockley y a sus dos colegas de los laboratorios Bell, John Bardeen y Walter Brattain, se les otorgó el premio Nobel de Física en 1956.

En la parte final de la década de los cincuenta, los investigadores desarrollaron en Fairchild el primer transistor plano, y más tarde el primer circuito integrado plano. A Jack Kilby, de Texas Instruments, se le da el crédito por haber desarrollado el primer circuito integrado, y a pesar de que no representaba un avance científico impresionante en aquella época, la invención de este circuito reveló la potencialidad de extender el costo y los beneficios operativos del transistor a cualquier circuito electrónico producido en masa, incluyendo después los microprocesadores.

La tercera generación de computadoras fue introducida en abril de 1964, cuando la corporación IBM presentó su serie 360, usando el término de "tercera generación" como una palabra clave en su publicidad, y ahora permanece para distinguir este tipo de computadoras. En este periodo se comenzó a hacer uso de circuitos integrados, por los bajos precios y la alta densidad de empaquetado de éstos, que también, como el proceso de aprendizaje, condujeron a diferencias en el diseño de sistemas con computadoras; sin embargo, éstas proliferaron y se expandió su industria enormemente.

Las computadoras de la cuarta generación son menos distinguibles de sus antecesoras, y, sin embargo, existen importantes diferencias. La manufactura de los circuitos integrados llegó a ser tan avanzada a fin de incorporar miles de compo-



nentes activos en volúmenes de la fracción de un centímetro, que esto llevó a tener computadoras más pequeñas, de bajo costo, gran memoria y enorme rapidez. Se desarrolló también una nueva tendencia, la de las llamadas microcomputadoras, que son pequeñas, baratas y manufacturadas por muy diferentes compañías y proliferaron a un ritmo impresionante.

Las computadoras de la quinta generación han sido usadas predominantemente en la sociedad de la década de los noventa, porque aparte de procesar información numérica también manejan símbolos, palabras, fotografías y voz; son capaces de manipular el conocimiento, es decir, la información juzgada o acomodada de acuerdo con características intrínsecas de cómo el cerebro humano piensa y organiza sus ideas. Esta clase de computadoras es mucho más que una extensión de la tecnología para empaquetar más circuitos integrados en un pequeño espacio, pero la velocidad de tales circuitos en su presente tecnología llegó a su límite y es necesario desarrollar nuevas arquitecturas. La emergente tecnología de integración de ultra gran escala reduce los costos del equipo, de tal manera que se utiliza el procesamiento paralelo en lugar del secuencial; sin embargo lo que verdaderamente marca la identidad de esta generación es la alta intercomunicación de las computadoras. Las comunicaciones en red se vuelven muy comunes, lo que permite tener acceso a mayor información tanto científica como comercial. El desarrollo de Internet y su mejor ejemplo, la página Web, resulta de verdad impresionante y, por otra parte, las estaciones de trabajo³ surgen como una herramienta con una gran capacidad computacional, respaldadas con la cada vez más creciente incorporación de microprocesadores RISC.

Cuadro 1
Generaciones de computadoras

Generaciones Años	Primera 1946-1956	Segunda 1957-1963	Tercera 1964-1981
Ejemplos de computadoras	<ul style="list-style-type: none"> • ENIAC • EDVAC • UNIVAC I • IBM 650 	<ul style="list-style-type: none"> • NCR 501 • IBM 7094 • CDC 6600 	<ul style="list-style-type: none"> • IBM 360, 370 • PDP 11 • SPECTRA 70 • HONEYWELL 200 • ILLIAC IV • CIBER 205
<i>Hardware</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bulbos • Tambores magnéticos • Tubo de rayos catódicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Transistores • Memoria de núcleo magnético 	<ul style="list-style-type: none"> • Circuitos integrados • Memoria con semiconductores • Discos magnéticos • Minicomputadoras • Microprocesadores
<i>Software</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Programas almacenables • Código de máquina • Ensamblador 	<ul style="list-style-type: none"> • Lenguajes de alto nivel • COBOL • ALGOL • FORTRAN 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas operativos con PASCAL • Programación estructurada • Tiempo compartido • LISP • Gráficas por computadora
Ejecución	<ul style="list-style-type: none"> • 2 kilobytes de memoria • 10 kiloinstrucciones por segundo 	<ul style="list-style-type: none"> • 32 kilobytes de memoria • 200 kiloinstrucciones por segundo 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 Megabytes de memoria • 5 Megainstrucciones por segundo

En el cuadro 1 se presenta un resumen de lo más relevante que se ha logrado en las generaciones hasta la fecha; sin embargo, en algunos casos puede resultar difícil catalogar a cuál desarrollo corresponden en algún periodo en particular. Un desarrollo se puede dar en determinado periodo, pero su evolución se presenta en el siguiente, y el más importante de cada generación es señalado, porque se puede notar que en las primeras cuatro generaciones se presenta en el *hardware*, pero en la quinta es una combinación de *hardware* y *software*.

Características futuras

Es difícil predecir lo que se presentará en las nuevas generaciones de computadoras y cuál desarrollo tecnológico impulsará su creación. Sin embargo, se puede considerar que la sexta generación de computadoras deberá empezar con el inicio del siguiente siglo, a causa del fin del milenio, más que por un avance en particular, pero existen algunas consideraciones que probablemente aparecerán en la siguiente generación.

En forma general, las tres principales disciplinas que harán de esta nueva generación de computadoras una realidad son: 1) la microelectrónica, la cual producirá dispositivos pequeños y extremadamente rápidos, realizados con muy alta integración; 2) la inteligencia artificial, que guiará el desarrollo y la exploración de conceptos y técnicas para sistemas inteligentes, y 3) los sistemas computacionales y de arquitectura, que determinarán el perfeccionamiento del equipo,

los programas y las herramientas relacionadas con los sistemas de trabajo. En este sentido, el estudio de nuevos materiales es evidente y se desarrollarán más circuitos integrados con arsenuro de galio. Existen grandes expectativas acerca de la superconductividad, que puede revolucionar la industria de la computadora, pues, en la nueva generación, los equipos activados por voz empezarán a ser muy comunes, lo que implica un cambio de mentalidad hacia nuevas interfaces. Los diversos campos de la ciencia se verán beneficiados en gran medida, en especial la medicina y el desarrollo tan esperado de la inteligencia artificial que podrá darse finalmente e impulsará a la robótica con resultados extraordinarios.

Al inicio del próximo siglo, la forma como se habrá atacado el mercado cambiará de manera notable,⁴ porque existirá gran variedad de servidores de computadoras y una proliferación de microcomputadoras de propósito específico, que se

Cuarta 1982-1989	Quinta 1990- 1999	Sexta 2000- ?
<ul style="list-style-type: none"> • CRAY Y-MP y X-MP • IBM 3094 • AMDHL 580 	<ul style="list-style-type: none"> • IBM 390 • Cray-3 • NEC SX-3 • VAX 9000 • Hitachi S-3800 	<ul style="list-style-type: none"> • Extensivo desarrollo de sistemas computacionales • Computadoras masivamente paralelas • Desarrollo extraordinario en telecomunicaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas computacionales distribuidos • Integración de muy alta escala (VLSI) • Discos ópticos • Computadoras personales 	<ul style="list-style-type: none"> • Redes de computadoras • Estaciones de trabajo • Computadoras vectoriales • Tecnología RISC • Supercomputadoras VLSI con GaAs • Componentes ópticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Activación por voz • Arquitecturas paralelas • Neurocomputadoras • Nuevas arquitecturas • Superconductividad • Nuevos materiales
<ul style="list-style-type: none"> • Programas de muy amplio uso • Lenguajes con programa-objeto orientado • Sistemas expertos • UNIX • Lenguaje C 	<ul style="list-style-type: none"> • Internet • Página Web • Programas para aplicaciones muy complejas • Alto procesamiento simbólico (lenguaje natural, visión, reconocimiento de voz, planeación, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Grandes aplicaciones en las ciencias en general (medicina, ingeniería, etc.) • Programación altamente funcional • Gran desarrollo de la inteligencia artificial
<ul style="list-style-type: none"> • 8 Megabytes de memoria • 200 Megainstrucciones por segundo 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 a 2 gigainstrucciones por segundo 	<ul style="list-style-type: none"> • 100 gigainstrucciones a 1 terainstrucción por segundo

supercomputadoras y 9) computadoras masivamente paralelas.⁵ Esta industria ha afectado prácticamente a toda la sociedad y lo seguirá haciendo durante mucho tiempo. Algunas compañías están trabajando en computadoras específicas de fácil aplicación, dirigidas a la industria de artículos domésticos, y algunos de ellos empiezan a hacer su debut como televisiones equipadas con acceso a las páginas Web.

Una nueva generación de computadoras deberá emerger en el próximo siglo, basada cada vez más en procesadores de muy alta ejecución. Estos serán usados en gran variedad de aplicaciones, y aparecerán formas muy inteligentes de expresar el paralelismo masivo y la concurrencia. Las redes computacionales tendrán un papel cada vez más importante, no sólo al interconectar a las computadoras sino al comunicar mejor a la gente. 🌐

agregarán a la gran diversidad de computadoras dedicadas a la oficina y a la casa. Así, las minicomputadoras, las computadoras grandes y las supercomputadoras llegarán a ser servidores sobre redes.

Comentarios finales

A lo largo de una historia de más de 50 años de computación moderna ha habido siempre un cambio. La posición actual de la industria es hoy por hoy muy sólida, y nunca ha dejado cosa alguna sola, lo cual condujo al desarrollo de mayor diversidad de equipos computacionales, entre los que se distinguen: 1) computadoras de propósito específico; 2) computadoras personales; 3) computadoras portátiles; 4) estaciones de trabajo; 5) supercomputadoras de escritorio; 6) minicomputadoras; 7) computadoras grandes; 8)

Referencias

- ¹ Bergamini, David. *Matemáticas*, colección científica de Time-Life, México, 1974, Lito Offset Latina, S.A.
- ² Kahn, Robert E. "A New Generation in Computing", *IEEE Spectrum*, Nov., 1983, pp. 36-41.
- ³ Leyva Ramos, Jesús, e Irasela Posadas Díaz. "Computadoras con microprocesadores RISC", *Ciencia y Desarrollo*, vol. XXIV, núm. 139, marzo-abril de 1998.
- ⁴ Juliussen, Egil. "Computers", *IEEE Spectrum*, Jan. 1997, pp. 49-54.
- ⁵ Schaller, Robert R. "Moore's Law: Past, Present and Future", *IEEE Spectrum*, Jun. 1997, pp. 53-59.



La ciencia y su reflejo en el arte mexicano

ELISA GARCIA BARRAGAN



ue en el siglo XVIII cuando el binomio ciencia-arte quedó científicamente enlazado, gracias a las declaraciones de D'Alembert, el matemático y filósofo francés, quien en el "Discurso inicial" de la *Enciclopedia* destaca:

Es fácilmente perceptible que las ciencias y las artes se prestan auxilio mutuo y que existe por lo tanto una cadena que las une... El hombre es el centro común –“el sol”– de una ciencia general, en definitiva humanizada y que enlaza en un mismo sistema La Historia Sagrada a la poesía, la música a la pintura, la ciencia del alma a la aritmética, la zoología a la cosmología... ... se podría demostrar mediante miles de ejemplos que un diccionario puro y simple de definiciones, por bien hecho que esté, no puede dejar de lado las imágenes sin caer en descripciones oscuras y vagas. Una sola mirada sobre el objeto o sobre su representación dice más que una página de discursos.¹

Más allá de las proposiciones anteriores, la *Enciclopedia* publicada entre 1762 y 1772 contiene una enorme cantidad de láminas que conforman, sin duda, una gran empresa sin precedente.

Pasando al tema que nos ocupa, éste es a todas luces inaprensible en el presente espacio, más aún si se recuerda lo dicho por Víctor Hugo acerca de que al comienzo de los tiempos la escuela fue la naturaleza y no existía otro libro. De igual manera, desde tiempos inmemoriales la lectura de ese universo se tradujo también en imágenes plásticas. Por lo tanto, la idea de este recorrido no es teorizar, ni aun siquiera ahondar sobre un asunto de tal trascendencia, sino únicamente exhibir algunos ejemplos reveladores de la atadura que se inscribe en aquello que Diderot denominó “La historia natural del alma”.

Como ejemplo más pretérito del arte mexicano están, sin duda, las pinturas rupestres, mismas que a la vez son un registro casi fiel de la fauna y la flora de ese entonces. Ya dentro del universo prehispánico, las famosas Caritas sonrientes de la cultura totonaca, criaturas danzantes, embriagadas por una dicha que se expresa en todas las gamas del júbilo, son buena muestra de la interrelación del arte con la ciencia. Octavio Paz las describe así:

Las figuras totonacas ríen a plena luz y con la cara descubierta. No encontramos en ellas ninguno de los atributos divinos. No son un misterio tremendo ni una voluntad todopoderosa las anima; tampoco poseen la ambigua fascinación del horror sobrenatural. Viven en la atmósfera divina pero no son dioses. No se parecen a las deidades que sirven, aunque una misma mano las haya modelado. Esa mezcla de realismo y mito, de humor y sensualidad inocente, explica también la variedad de las expresiones y de los rasgos faciales. Las figurillas pertenecen, espiritualmente, a una época anterior a las grandes religiones rituales –antes de la sonrisa indiferente y de la máscara aterradora, antes de la separación de dioses y hombres. Vienen del mundo de la magia, regido por la creencia en la comunicación y transformación de los seres y las cosas.²

Se han planteado algunas hipótesis acerca de estas atractivas terracotas relacionadas con la risa que a la vez las caracteriza, pero la más aceptada es la que atribuye tal regocijo a la ingestión de plantas enteogénicas, suposición reafirmada por el hecho de que algunas de las figuritas llevan, en collares de una o dos hiladas de cuentas, “un colgante al centro... a veces

en forma de campana y otros con un pendiente alargado hacia abajo y rematado en una semiesfera. Este colgante parece un hongo invertido”.³ Es dable inclinarse por este supuesto, ya que varias de ellas portan sonajas y otras más “son reproducidas en una cama, cubiertas con mantas, lo que hace pensar que... probablemente se reunían con fines curativos”. De tal manera, esa graciosa representación de la risa contagiosa de las figurillas totonacas es muestra no sólo de posibles ritos chamánicos, sino también de un estado ampliado de conciencia.

Una muestra del conocimiento de la astronomía entre los pueblos del México antiguo lo es sin duda el regreso de Quetzalcóatl o Kukulcán en los equinoccios, manifestación plástica efímera que es asombro y predicción, arte fugaz enlazado con bellas edificaciones, en las que el paso del astro era observado y estudiado, dando lugar más tarde a una nueva y flamante ciencia, la arqueoastronomía. El Quetzalcóatl solar, encarnación de la fuerza del universo, es aún hoy dador de esta energía.

Ya que de modernas ciencias se trata, la geografía adquirió un auge inusitado, con motivo de los descubrimientos, y esta esencial disciplina trajo consigo la necesidad de elaborar cartografías y mapas, en los que no sólo se volcaron los conocimientos matemáticos requeridos para las mediciones de tierras y mares, sino que de igual manera se consideró conveniente mostrar en ellos a las diversas razas pobladoras de estas tierras, y también las veras efigies de quienes hicieron posible el ensanchamiento de la geografía hasta entonces conocida. El Nuevo Mundo atraía a cartógrafos, naturalistas y pintores, los cuales daban cuenta de las producciones americanas.

En referencia directa al territorio novohispano, lo que más interesó al inicio de la conquista fue la salvación, la cristianización de los pueblos conquistados, de ahí que el arte como método didáctico hiciera hincapié mayoritariamente en las representaciones de carácter bíblico. Sin embargo, el asombro ante la opulenta naturaleza americana llevó a propios y extraños a representar la grandiosa zoología y la botánica de este hemisferio en hermosas acuarelas, dando por resultado ediciones de singular belleza, entre ellas la del protomédico Francisco Hernández, quien, como es de todos sabido, al frente



Juan Patricio Morlete Ruiz
Corazón de María y Corazón de Jesús.

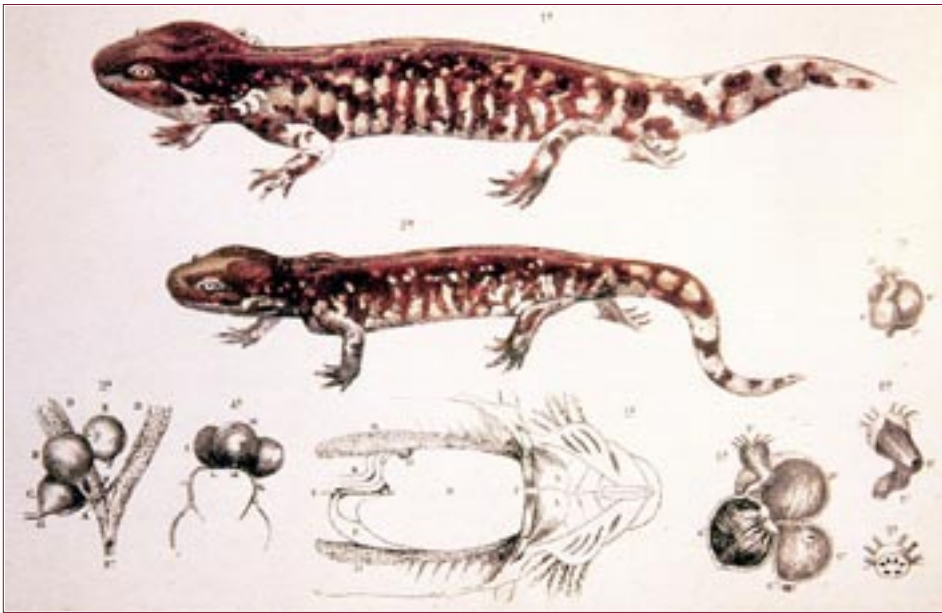
de la primera expedición científica comercial (1570-1577) obtuvo una copiosa colección de plantas, animales y volúmenes manuscritos, en los cuales el erudito renacentista plasmó sus hallazgos.

Dos siglos después, el mexicano José Mariano Mociño y el español zaragozano Martín Sessé, ambos médicos, emprendieron la más larga expedición científica española en América, que dio por resultado la magnífica edición de la *Flora mexicana*, con ilustraciones como la de la planta alucinógena *Datura máxima*, Linn o Tecomaxóchitl, ya conocida por Hernández. Pero no sólo se apreciaron aspectos de la herbolaria, sino también de los avances de la tecnología, gracias a las indagaciones del “más grande ingenio del siglo XVIII”, el presbítero José Antonio Alzate, quien apoyado en las ilustraciones de Francisco Villanueva dio a conocer, en 1772, una máquina para la trilla del algodón.

Muchos más son los descubrimientos e inventos, pero sin duda es de mayor interés para mí abordar la trascendente relación alma-cuerpo, animalidad-redención, paso anímico que aparece en pinturas como el *Políptico de la muerte*, óleo anónimo en el que quedan implícitos el pecado y la eterna salvación. En este políptico, la vida humana se equipara al engranaje de un “moderno” reloj que pende del triángulo de la Santísima Trinidad, y en el que el concepto “barroco destaca

lo transitorio de la vida y el arribo intempestivo de la muerte”.⁴ De manera incuestionable así lo creía el pintor poblano Juan Patricio Morlete Ruiz, quien empleó en una singular composición el gran emblema del centro del cuerpo, en este caso no el *omphalos*, sino el corazón, “como un receptáculo del poder divino”. En un indiviso sincretismo, el corazón de María representa a la Madre de Dios y el de Jesús a Cristo crucificado.

Como signo físico vital, en estos dos cuadros de Morlete Ruiz se manifiesta el corazón como metáfora “del amor y de la iluminación”, y las pinturas son particularmente interesantes, tanto por el mensaje místico como por la veracidad con que este órgano está representado. En *El Corazón de María* y *El Corazón de Jesús* se sintetiza el drama de la Pasión, díptico en el cual los sufrimientos de Cristo y de su madre están inscritos, en cada cuadro, en un corazón central que al mismo tiempo, reitero, los simboliza a ellos. Corazón no de oro, no ficticio, el de María es receptáculo de azucenas y paradigma de castidad, atravesado por la espada del dolor, y el del Mesías, coronado de espinas, sangrante y redimiendo con su sangre a la humanidad. En medio de áureas llamas aparecen imágenes del amor y la iluminación, y en el de Jesús se refleja claramente el sol, que es imán, que es lo divino. Los verdaderos y exactos órganos, el de la Virgen María y el de Jesús, están cap-



José María Velasco
Siredon tigrina
Litografía publicada en *La Naturaleza*, vol. IV, lám. VIII, es la 2a. de la parte expositiva. Litografía de Murgía.



José María Velasco
El Seboruco
Dibujo en *La Naturaleza*, vol. I, lám. 6.

tados de frente y dejan ver, inclusive, la arteria aorta y la vena cava, aunque ésta se halla ligeramente desplazada hacia la parte superior del corazón por necesidades compositivas, y lo mismo se observan las arterias coronarias, derecha, izquierda y circunfleja.

El discurso plástico sitúa la acción en el espacio celeste, y otorga mayor autenticidad a la escena, la presencia de San Joaquín, San José, y Santa Ana en un trono de nubes, además de un corrillo de querubines, todo ello bajo la aquiescencia de la Paloma del Espíritu Santo, mientras una serie de retratos

enmarcados de vírgenes, que no podían revolverse con la familia divina, completa la composición y el relato de castidad. En *El corazón de Jesús*, éste va acompañado por la Virgen María, San Juan y la Magdalena, colocados en similar trono de nubes, y los retratos de varios santos con sus respectivos marcos complementan el mensaje y la composición.

El afán de enlazar alma, cuerpo y sermón se prolonga hasta la segunda mitad del siglo XIX, cuando artistas como Tomás Mondragón acometen, casi diría que con crueldad, la dual experiencia de la humana belleza y su efímera existencia, para de esa manera reforzar el discurso cristiano que exige el rechazo de las vanidades mundanas y la mejor atención a la belleza del alma.

Si en el siglo de las luces predominó la observación de los prodigios naturales, y con apego a lo establecido en el Concilio de Trento se dio cauce primordial en la pintura a escenas sobre la fugacidad de la vida y el cultivo de las virtudes morales, marcando mecanismos científicos para cuantificar este breve paso por la tierra, el siglo XIX, en sus albores, se manifestó totalmente reacto, o mejor dicho desconfiado respecto a los progresos de la ciencia e, indudablemente, acerca de los alcances de la tecnología. Jean-Marc Livy-Lebland comenta: “La mayor parte de los escritores y artistas de esa temprana época del siglo XIX estuvieron acordes en denunciar el desencantamiento del mundo y en hacer culpable de esta falta a la ciencia nueva, por considerar ese conocimiento seco y desencarnado, ese cálculo egoísta como indiferente a los valores humanos éticos y estéticos en particular.”⁵

Sin embargo, a medida que avanzó el siglo, la calidad y el

beneficio de la ciencia como tal fueron aceptados hasta terminar por considerarla la fuente única –parafraseando a Livy-Lebland– e indiscutible del progreso, en el que las dimensiones técnicas, sociales y morales serían gratamente fusionadas.

Hacia la segunda mitad del siglo XIX, un solo creador reúne las características de científico y gran pintor. Se trata de José María Velasco, clásico, romántico y de igual manera positivista, con variados intereses, todos ellos en torno a la devoción por la naturaleza, que trata de desentrañar en sus más oscuros misterios y, valga la paradoja, la aprehende asimismo en sus más reveladoras claridades, en toda la grandiosidad del paisaje, sobre todo, el del Valle de México. El ojo singular del avezado dibujante le va revelando los más recónditos enigmas del mundo animal y vegetal, y la incógnita en el desarrollo vital de anfibios como los ajolotes, de coleópteros, de aves y plantas le viene de perlas en sus análisis, para afirmar aún más su religiosidad y ese culto casi pantéico en torno a la obra del Creador.

Se ha dicho que el primer paisajista vulcanólogo fue Gerardo Murillo, el Dr. Atl; sin embargo, José María Velasco se adelantó al tapatío al plasmar en 1879 el volcán Seboruco en plena erupción, con sus cráteres vomitando lava y arrojando fumarolas. El escrupuloso dibujo que delinea la actividad del Seboruco sirvió para ilustrar la portada de la revista científica mexicana de mayor prestigio en aquel momento, *La Naturaleza*, órgano que incluye diferentes temas dibujados por el pintor de Temascalcingo, y que fue elogiosamente comentada por nacionales y extranjeros. M. Blanchard, secretario general de la Sociedad Zoológica de Francia, expresó en un artículo publicado en la misma revista:

Las publicaciones científicas que nos llegan de los países de origen español son raras y de muy poca importancia. Por eso, ahora, con gran satisfacción, llamamos la atención sobre el periódico *La Naturaleza*, que publica la Sociedad Mexicana de Historia Natural. Este periódico, casi desconocido en Europa, merece, por varios motivos, ocupar un lugar honorífico en nuestras bibliotecas científicas. La mayor parte de los trabajos que contiene son muy interesantes y, para dar una idea de su importancia, bastará decir que en esta publicación es donde A. Dugés, E. Dugés,

Sumicharst y Jesús Sánchez, para no citar más que los principales zoólogos, publican los resultados de sus investigaciones sobre la fauna mexicana.⁶

Asimismo, José María Velasco realizó para los *Anales del Museo Nacional de México* varios dibujos de deidades y relieves de figuras prehispánicas, aztecas en su mayoría, como: Xicomecoatl Xilonen, diosa de los mantenimientos; el Cuaxicalli del Sol, y el Cuaxicalli de las calaveras, así como el relieve de la superficie exterior de la base de un recipiente de piedra “con la representación de Tlaltecuhli”, entre otros. Muchos de los dibujos fueron incluidos en el catálogo del Museo por el arqueólogo Alfredo Chavero. Por otra parte, la astronomía no le fue ajena, y por ello pintó el Cometa Halley en una límpida noche, paisaje tanto lírico como científico. El cometa también atrajo la atención de algunos de los alumnos de Velasco, como Adolfo Tenorio, entre otros.

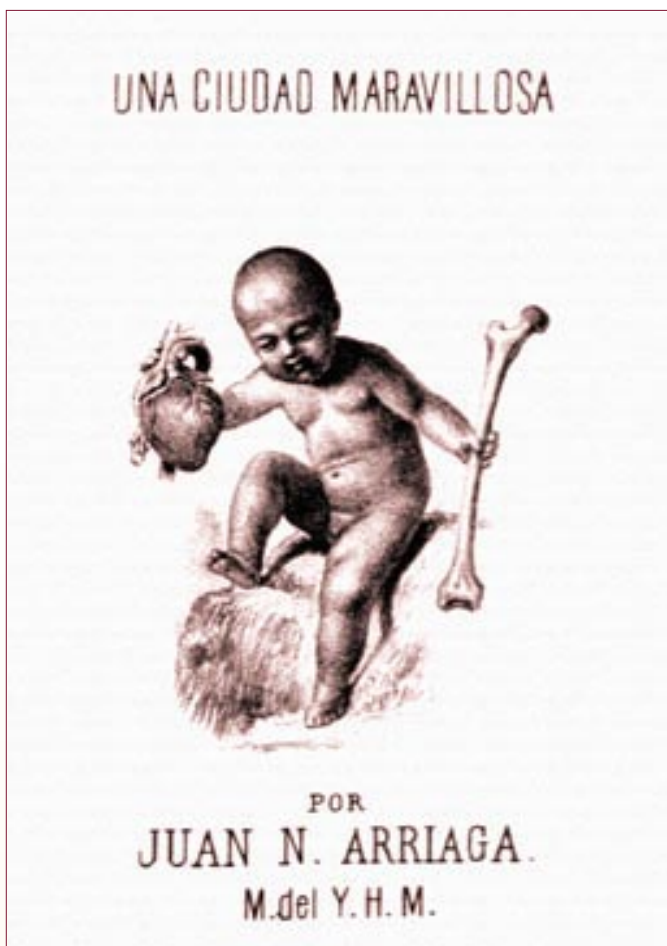
De la inclinación científica del pintor quedan hermosos óleos con aproximaciones a rocas y tepozanes, pero aún más, en revisiones posteriores de sus paisajes, el afecto por el progreso es señal inequívoca de su interés positivista, perceptible en *El Pico de Orizaba* y el *Puente de Metlac*, pinturas en las que el ferrocarril es protagonista novedoso.

Viene a cuento recordar que, todavía en 1866, Víctor Hugo, en un largo texto denominado “El arte y la ciencia”, capítulo III, de su obra *William Shakespeare*, indicaba:

La poesía como la ciencia tiene una raíz abstracta, la ciencia parte de la obra maestra de metal, de madera, de fuego, o de aire, máquina, navío, locomotora, aeroscafo.

La poesía parte de la obra maestra de carne y hueso, [como la] *Iliada*, el *Cantar de los cantares*, el *Romancero*, la *Divina Comedia*, *Macbeth*. Nada despierta ni prolonga la aprehensión del cantor como estas exfoliaciones misteriosas de la abstracción en realidades en la doble región del pensamiento humano, una exacta, la otra infinita.⁷

En el encuentro de la exactitud y lo infinito se podría colocar precisamente la versión de José María Velasco del *Puente de Metlac*. Infinitud de la naturaleza, exactitud de la construcción de un puente fuerte y ligero a la vez, obras maestras



Juan N. Arriaga
Una Ciudad Maravillosa.

ambas de la ingeniería y de la pintura y, aún más, ambos puente y paisaje poseedores de una fina poesía.

Coetáneo de José María Velasco e inscrito en el estudio del cuerpo humano, el médico Juan N. Arriaga publicó en 1894 el alucinante libro *Una ciudad maravillosa*, obra en la que se pone de relieve el universo subcutáneo de músculos y de tendones, etc., así como aquellos puntos de unión en la “carpintería articulada del esqueleto”. La edición de Arriaga va muy en la línea del auge industrial de la época, y Elías Trabulse nos ilustra al respecto: “...como una serie de fábricas, laboratorios, edificios, máquinas, caminos, almacenes y bombas... Arriaga incluyó en su libro numerosas litografías que ilustraban el trayecto seguido por diminutos viajeros en su recorrido por el cuerpo humano.”⁸

Los textos que acompañan a dichas litografías, por cierto ejecutadas dentro de la tradición académica y veraz imagen del cuerpo humano, homologan los aspectos que conforman este cuerpo con otros ajenos a él y de carácter científico, por lo que resulta de gran amenidad la revisión de dichas láminas. Por ejemplo, los intestinos son “el laboratorio químico”;

páncreas, hígado, vesícula, “las fábricas de azúcar y bilis”; el sistema venoso “los caminos”, etcétera.

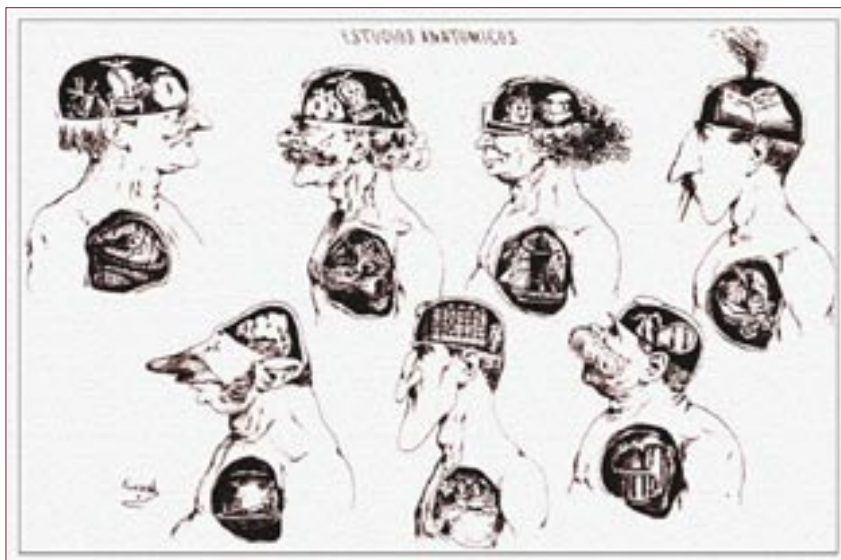
Ingeniosidad y sabiduría se conjugan en *Una ciudad maravillosa*, y creo que a Juan N. Arriaga le hubieran divertido, o tal vez no, los *Estudios anatómicos* ejecutados por el extraordinario litógrafo y caricaturista José María Villasana, en los que éste pone de manifiesto cómo los interiores de algunos personajes, es decir, sus órganos vitales, difieren de los del resto de los mortales. Aquí, parecería que el arte es la encarnación de un riguroso ordenamiento, pero también es dable afirmar que “está realizado exclusivamente por las funciones conscientes y preconscientes”.

A la tratadística sobre escatología se aunó el interés por la ciencia, y la muerte, o la putrefacción de los cuerpos, que pasaron a ser objeto de análisis científico, en forma paralela a las investigaciones y a la inquietud por las causas de tales fallecimientos. De nuevo, dentro de la voluntad de atar alma y cuerpo, de reducir a un mismo espejo la vanidad y lo efímero corporal, el arte plasma esta realidad humana y su importancia científica. El discurso médico en torno a lo inexorable de la muerte dio cauce a una nueva mirada social, y Daniel del Valle se hace vocero de esta angustia, al plantear en su cuadro *Alegoría* la desesperanza del galeno frente al deceso en la juventud.

Ya en pleno siglo XX, Diego Rivera, en su mesiánica acción de pintar e historiar en los muros el devenir del pueblo mexicano desde antes de la conquista, da testimonio de los logros científicos y tecnológicos alcanzados por él. La medicina y sus progresos fueron asuntos de vivo interés para el artista, y como muestra ahí están los murales sobre la *Historia de la medicina*, en el Instituto Nacional de Cardiología.

Con la llegada a México de la corriente surrealista y el arribo de pintores de la calidad de Remedios Varo, una de las artistas que más encajaba dentro del programa manejado o ideado por André Breton, queda claro, como aseverara el francés, que: “La imagen más fuerte es la que presenta el mayor grado de arbitrariedad, en lo oculto... Sólo lo maravilloso es bello, no hay belleza sin lo maravilloso...”⁹

Ambas frases de Breton pueden identificar la producción de Remedios Varo, respecto a la cual Ida Rodríguez Prampolini comenta: “La obra de Remedios Varo es un pensamiento diri-



José Ma. Villasana
Estudios anatómicos.

gido que conforma un mundo organizado arbitrariamente y, en este sentido se acerca, como pocos, a los frutos más clásicos que produjo el surrealismo y que... fueron lo opuesto a lo que en teoría sostuvieron.”¹⁰

Sin cuestionar la calidad y el enorme talento de Remedios Varo, la estudiosa aduce que, si bien, la pintora “da vida a ese mundo

fantástico... la puerta de comunicación, el hilo que trenza es cerebral, prefabricado. No tiene el chispazo del iniciado”, y agrega igualmente que se trata de una mente “transida de preocupaciones metafísicas... entrenada por la ambición de irrealidad”. Ida Rodríguez describe y sitúa la obra de Remedios Varo con sensibilidad y sabiduría, estableciendo afinidades y divergencias relacionadas con el universo surreal. No siendo éste nuestro tema, lo que sí interesa es el trabajo previo al alucinante mundo pictórico de la artista.

Antes de vivir de su arte, la Varo realizó anuncios e ilustró folletos de publicidad para los laboratorios Bayer, pero algunos de ellos, por cierto, poco conocidos, son los que vienen a cuento. De 1942 a 1947 pintó al gouache uno de los primeros acerca de un medicamento para reuma, lumbago, ciática, y de esa misma época es *Insomnio*, reclamo de píldoras para dormir. Para tal propaganda plasmó una serie de ojos que surgen de las puertas de infinitas habitaciones, mientras que en un primer plano insectos de translúcidas y cristalinas alas vuelan hacia la luminosa y chisporroteante luz de una vela.

Estos gouaches ya plantean lo que a futuro llevaría a cabo Remedios Varo, es decir, una creación dentro de la estructura oculta del arte, en un nivel de atención más elevado, el inconsciente, donde el arte establece su fuente. Así en *Insomnio* hay claros antecedentes de ese mundo que Anton Ehrenzweig describe como realizaciones inscritas en la inmensa subestructura del arte, “aquellas que no se desarrollan según una línea única del pensamiento sino en múltiples corrientes a la vez”.¹¹ En esta obra, “la artista rompe los límites entre naturaleza y creación... la arquitectura se transforma en paisaje. No establece límites en su invención, todo está transfigurado”.

Poco después, en 1948, en una campaña para erradicar la tifoidea, la paratifoidea y la disentería, Remedios Varo ejecutó igualmente al gouache, sobre una cartulina fina, un bode-



Remedios Varo
Insomnio.



Arnold Belkin
Lección Anual de Anatomía I, 1974.

gón con jitomates y lechugas, vegetales atacados por “unos seres absurdamente perversos con cuernos y colmillos, que enarbolan afilados machetes y cuchillos”. Una de sus biografías, Janet A. Kaplan dice: “Los amigos recuerdan con ironía que Varo tenía un miedo casi patológico a las enfermedades... padecía un miedo nervioso a los insectos. Sin embargo, este anuncio de Bayer y sus obras posteriores, llenas de insectos y de híbridos de insecto y ser humano, hacen pensar que debió llegar a exorcizar esos miedos, confrontándolos, controlándolos e incluso riéndose de ellos a través de su trabajo.”¹²

Remedios, al decir de sus amigos, no superó la aversión a las enfermedades y por ello no pudo ejecutar un mural para el Pabellón de Cancerología, pues “le fue imposible relacionar su mundo mágico con lo preciso y material de la ciencia”, pese a haber empleado el humor como vehículo de su mensaje; pero del proyecto mural únicamente se conserva un estudio sin título.

Ya en la segunda mitad de esta centuria, Arnold Belkin, en un novedoso lenguaje plástico, a veces hiperrealista, con plena conciencia de la realidad histórico social de este su país de adopción, imbrica su obra, tanto la efectuada en los muros como en el caballete con los territorios de la ciencia, y lo hace con un enfoque crítico social, de vez en cuando muy directo y en ocasiones envuelto en la metáfora, en pinturas realizadas dentro de lo que se ha denominado anatomías geométricas, captadoras primordiales de personajes inscritos en el ámbito de lo heroico. Estas fragmentaciones, encaminadas a mi modo de ver por dos senderos, afirman la figura de esos seres paradigmáticos y casi inmortales, o muestran qué motiva

su verdadero deceso y olvido. El empleo del flamante discurso pictórico fue simultáneo a su revisión del arte y del devenir histórico; así, Belkin empezó realizando homenajes a los grandes artistas universales y para ello llevó a cabo recreaciones, paráfrasis de sus más gustadas pinturas, cuyo mejor ejemplo es la *Lección de anatomía del doctor Tulp*, de Rembrandt.

Algunos años después, de manera conjunta con la fragmentación, utilizó otra forma expresiva, ayudado por una cámara fotográfica para multiplicar sus figuras, y además inició varias series de desmitificación de algunos de los personajes a los que se aproximó, al aprehenderlos en su realidad carnal, como Lucio Cabañas por ejemplo o el Che Guevara. La efigie de Emiliano Zapata, el caudillo revolucionario que más reprodujo, tiene en sus obras dos lecturas, una, el relato de su humanidad sufriente, engrandecida por las acciones heroicas, y la otra para mostrar la causa de la muerte de este héroe, al que el pueblo se negaba a creer desaparecido para siempre. Díganlo si no las series de corridos que aún rememoran su deambular por los territorios que le fueron tan queridos:

Arrollito revoltoso
¿qué te dijo aquel clavel?
–Dice que no ha muerto el jefe,
que Zapata ha de volver...–

Así, como eco de esos cantares del pueblo, en el sentimiento de Arnold Belkin, Zapata el hombre, el héroe, no se pierde para la lucha revolucionaria sino cuando su cuerpo fragmentado y multiplicado va cayendo, aunque firme siempre “ante las almenas de la traición institucional”.

Por su parte, el arte popular no soslayó la atención hacia la ciencia, sobre todo en sus manifestaciones pictóricas. Los retablos o ex votos demuestran desde el siglo XVIII su tributo –entre interrogaciones– al ámbito científico y reconocen tal liga en el paso inevitable que los aproxima al taumaturgo de



Ex voto a la Virgen de San Juan de los Lagos.

su preferencia; por ello, en los retablos o ex votos, las “oraciones plásticas” como las bautizara Luis Mario Schneider, generalmente mínimas pinturas, “documento gráfico y sociológico de pequeñas angustias, donde el pueblo humilde narra desamores, pestes y dolencia... pinturas de osadía de colores audaces, de dibujos arrojados a una perspectiva dislocada”¹³ está presente la ciencia médica, aunque minimizados sus triunfos por el poder del milagro. De las tres secciones que siempre tiene un retablo, en la parte principal va la imagen mirífica, Virgen, Cristo o Santo, propiciadora del milagro y envuelta por supuesto en una atmósfera celestial; en segundo lugar, la representación esquemática del suceso y la figura del donante en postración, unida al elemento primordial del prodigio, en el presente caso, el de una mesa de hospital con los médicos que intervinieron, y en tercer lugar la narración escrita del hecho, con la fecha y los agradecimientos.

Hasta aquí esta revisión a vuelo de pájaro, estos subjetivos ejemplos de una imbricación justa y necesaria que congela el hecho científico para la historia. Si un sabio hace olvidar a otro sabio, un poeta no hace olvidar a otro poeta. Así, concluyendo con Víctor Hugo, es dable decir que:

El arte marcha a su manera; él se desplaza como la ciencia; pero sus creaciones sucesivas, conteniendo lo inmutable, permanecen; mientras que las admirables aproximaciones de la ciencia, no son, no pueden ser más que combinaciones de lo contingente, se borran las unas por las otras.

Lo relativo es en relación a la ciencia; lo definitivo es en el arte. La obra maestra de hoy será la obra maestra de mañana.¹⁴

Notas

- ¹ D'Alembert, citado en Jean-Pierre Changeaux “De la science vers, l'art”, *L'âme au corps, arts et sciences, 1793-1993*, Paris, France, octubre 1993-janvier 1994, Editions de la Réunion des musées nationaux, Editions Gallimard, p. 13.
- ² Octavio Paz. *México en la Obra de Octavio Paz*, México, 1987, Fondo de Cultura Económica, vol. III, “Los privilegios de la vista”, (Col. Letras Mexicanas), p. 107.
- ³ María Teresa Uriarte. “Caritas sonrientes de Veracruz”, *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas* 55, México, 1986, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Estéticas, p. 29.
- ⁴ María Teresa Suárez. “Políptico de la muerte”, *Juegos de ingenio y agudeza: La pintura emblemática de la Nueva España*, México, noviembre de 1994-febrero de 1995, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Instituto Nacional de Bellas Artes, Museo Nacional de Arte, Patronato del Museo Nacional de Arte, p. 292.
- ⁵ Jean-Marc Livy-Lebland. “Preface”, *Victor Hugo l'art et la science*, France, 1985, Actes Sud, p. 6.
- ⁶ M. Blanchard, citado en Elías Trabulse, *José María Velasco. Un paisaje de la ciencia en México*, Toluca, Edo. de México, 1992, Instituto Mexiquense de Cultura, p. 161.
- ⁷ Víctor Hugo, véase nota 5, p. 13.
- ⁸ Elías Trabulse, véase nota 6, p. 90.
- ⁹ André Bretón, citado en Ida Rodríguez Prampolini, *El surrealismo y el arte fantástico de México*, México, 1969, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Estéticas, p. 76.
- ¹⁰ *Ibid.*
- ¹¹ Anton Ehrenzweig. *L'ordre caché de l'art*, France, 1974, Éditions Gallimard, p. 28.
- ¹² Janet A. Kaplan. “Viajes inesperados”, *El arte y la vida de Remedios Varo*, México, 1994, Ediciones Era, p. 114.
- ¹³ Luis Mario Schneider. *Cristos, santos y vírgenes*, México, 1995, Grupo Editorial Planeta, pp. 17-18.
- ¹⁴ Víctor Hugo, véase nota 7, p. 15.



Variedades y producción de semilla en México

ALEJANDRO ESPINOSA CALDERON, ALFREDO TAPIA NARANJO Y RODRIGO AVELDAÑO SALAZAR

Introducción

La semilla mejorada constituye un insumo altamente estratégico para todos los países, y en particular para México, donde el potencial productivo y la producción de grano que se pueden alcanzar depende del tipo de variedades empleadas, y la adopción de semilla certificada es el primer paso hacia la tecnología agrícola, fundamental para la aplicación de prácticas complementarias.

En México, el uso de semilla certificada de maíz es de 26%, de frijol 8%, de trigo 65%, de arroz 70%, de sorgo 97%, de cártamo 42%, de cebada 100%, y de soya 100%, etc. en los cultivos más importantes y además originarios del país, como en el caso del maíz y frijol, nivel que resulta bajo, lo cual repercute en la productividad. En cada cultivo se presentan condiciones que explican esa situación, pero no hay duda de que conviene elevar el uso de la semilla certificada de buena calidad.

Dentro del marco de la Alianza para el Campo, el programa kilo por kilo de maíz y frijol apoya la mayor utilización de semilla mejorada, mediante el cambio de ésta por semilla criolla, y el gobierno federal pretende duplicar la utilización de la semilla certificada de los mejores materiales disponibles. El programa distribuyó granos durante los años de 1997 y 1998, para 413 mil y 470 mil hectáreas de maíz y 107 mil y 197 mil hectáreas de frijol, y también se ha organizado la multiplicación de semilla en sus diferentes categorías –original, básica, registrada y certificada.

Esquemas como kilo por kilo han sido utilizados en otros países; en los Estados Unidos se usa en 99% de híbridos simples de maíz, lo cual se logró inicialmente por medio de un subsidio para la semilla que duró varios años, teniendo una participación relevante la empresa semillera Pioneer. En este análisis se establecen algunos elementos de la situación actual del uso de las semillas, así como las variedades disponibles, planteándose algunas inquietudes respecto a la partici-



pación del kilo por kilo y algunas medidas para tratar de afinar las perspectivas hacia el mayor avance en la adopción de granos de buena calidad.

Crecimiento de la producción de maíz

La producción de maíz en México se ha incrementado principalmente por los aumentos de rendimiento en los últimos 48 años, desde 800 kg en los cincuenta, cuando el rendimiento medio ascendió hasta 2.2 ton/ha, con una tasa de crecimiento anual de 2.4%, y la superficie sembrada con maíz se ha mantenido con pocos cambios, oscilando de 7 a 8.4 millones de hectáreas (Sánchez *et al.*, 1998). En los últimos años el uso de semilla mejorada ha aumentado en gran medida, sobre todo con la participación de Sinaloa y otras áreas de riego del país, constituyéndose estas zonas en las principales regiones productoras de grano de maíz en México, con rendimientos elevados de 7 y hasta 12 ton/ha.

Programas de mejoramiento y distribución de semillas

En forma paralela a la creación del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), en 1961 se estableció la empresa pública Productora Nacional de Semillas (Pronase) y se expidió la Ley sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas, lo cual dio origen al Sistema Nacional de Producción, Certificación y Comercio de Semillas (SNICS). En junio de 1991 apareció esta nueva Ley y el reglamento respectivo en mayo de 1993, lo cual ha permitido lograr mayor agilidad en el registro y autorización de variedades, y menores exigencias para la producción y comercialización. El INIA se transformó en 1985 en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y, por otra parte, a partir de la nueva ley, la Pronase no es ya la receptora obligada de las variedades mejoradas del INIFAP.

En 1996 se emitió la Ley de Variedades Vegetales y el res-

pectivo reglamento el 25 de octubre de 1998, con el propósito de detallar las condiciones y los elementos necesarios para la protección de los derechos de los obtentores de dichas variedades, lo cual fue paralelo y se consolidó con el ingreso de México en noviembre de 1997 a la Unión para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV). El INIFAP y sus antecesores, el INIA así como el Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA) y la Oficina de Estudios Especiales (OEE), iniciaron los trabajos de mejoramiento genético y selección de cultivos que han originado la liberación y producción de más de 960 variedades mejoradas, entre las que destacan trigo, maíz, frijol, soya, garbanzo, papa, arroz, sorgo, chile, cártamo y cebada. Hasta antes de la década de 1980, la industria privada de las semillas evolucionó muy lentamente, y el mercado de cultivos básicos y frutales fue dominado por el Estado, dejando las hortalizas y el sorgo a las empresas privadas.

Debido a diversos factores, la Pronase sufrió serios problemas estructurales a principios de la década de 1980, iniciándose una rápida participación del sector privado, y de acuerdo con estudios recientes (López y García, 1997), la participación de este sector en la industria de semilla ha cambiado radicalmente en el último decenio. En 1970 la participación del sector privado en la venta de semilla de maíz era aproximadamente de 13%, mientras que en 1993 fue de 90%, y según el mismo estudio, la iniciativa privada domina con 100% el mercado de semilla de hortalizas, con 90% en sorgo, con 100% en alfalfa, con 87% en pastos y más del 50% en trigo. Una buena parte de ese crecimiento se debe, sobre todo, a la importación de semillas, el cual se estima en cerca del 40% del volumen de ventas.

La Pronase se ha reestructurado, pero de una participación aproximada del 45% en el comercio nacional de semilla de maíz y otros cultivos, ahora su operación es relativamente baja, pero con posibilidades de crecimiento.

Tipo de variedades para cada agrosistema

En los últimos años, el Instituto clasificó las áreas de cultivo por su potencial de producción, definiendo además las provincias agronómicas de las tierras que

se siembran con maíz en México, lo que permite organizar y determinar el tipo de variedades que conviene sembrar en cada agrosistema; de esta manera, en las áreas de riego deben sembrarse híbridos de cruza simple ya que éstos explotan al máximo las ventajas favorables de tales provincias, mientras que en las áreas de “muy buena productividad” conviene emplear híbridos trilineales y dobles; en cambio, en las superficies de “buena productividad” es mejor el uso de cruza dobles y en las áreas de “mediana productividad”, el tipo de variedades que conviene es el de las sintéticas, híbridos varietales y variedades mejoradas de polinización libre, las cuales amortiguan las características limitantes de estos agrosistemas (Espinoza, 1993).

Uso de la semilla mejorada

La proporción de superficie que se siembra con semilla mejorada es un buen indicador del desempeño de la industria de semillas, pero no es el único factor determinante, porque además debe analizarse el tipo de variedades utilizadas y el entorno que rodea cada cultivo. En especial, es clara la tendencia de los agricultores que manejan mayor superficie y condiciones de riego favorables al uso de semilla de híbridos en maíz o variedades de frijol; sin embargo, deben plantearse otras opciones en el uso de semilla para agrosistemas con menores potenciales y con esquemas de apoyo tipo kilo por kilo.

En maíz podrían aprovecharse los resultados de la investigación, con objeto de ofrecer semilla de variedades no convencionales para agricultores de subsistencia y tradicionales, pues éstas son combinaciones de variedades mejoradas con materiales nativos, lo cual permite lograr mayor rendimiento, además de amortiguarse la erosión genética por el uso extensivo de materiales únicos para grandes regiones (Espinoza, 1997).

Dónde se emplea la semilla certificada

Se conoce con detalle que las regiones de más certidumbre en potencial productivo es donde se emplea mayor proporción de semilla certificada en los últi-

Cuadro de variedades liberadas por el INIFAP (antes IIA e INIA) hasta 1998

Especie	Núm. de variedades	Especie	Núm. de variedades
Trigo	195	Triticale	6
Maíz	194	Cebolla	6
Frijol	127	Tomate	6
Sorgo	54	Cacahuete	6
Arroz	38	Jicama	5
Soya	36	Caña de azúcar	5
Ajonjolí	35	Durazno	5
Papa	30	Girasol	4
Garbanzo	27	Tomate de cáscara	4
Chile	20	Frijol lima	3
Cártamo	20	Colza	2
Cebada	20	Yuca	2
Avena	20	Sorgo forrajero	2
Algodón	18	Camote	2
Cacao	13	Mango	4
Pastos	7	Lechuga	1
Alfalfa	7	Chícharo	1
Hule	7	Huauzontle	1
Ajo	8	Vid	1
		Pasto buffel	1
		TOTAL	960

mos años, con el aumento considerable de los rendimientos por el uso de híbridos de maíz en Sinaloa y Sonora, que han permitido la adopción extensiva de este insumo. Sin embargo, en otras regiones de elevado potencial, por las condiciones favorables, se continúan promoviendo variedades de polinización libre o híbridos de maíz de cruza doble, que no corresponden a la mejor alternativa, lo que provoca un desaprovechamiento de esas condiciones. En algunos casos resulta justificable que por emergencia se empleen variedades que no representan la opción mejor, sin embargo, no debe establecerse como algo sistemático, pues es conveniente propiciar el uso de las mejores variedades en cada región. Lo anterior indica que hay gran posibilidad de avanzar en la productividad, porque ahora existen variedades desarrolladas por el INIFAP y por las empresas privadas para diferentes tipos de agricultura.

El INIFAP, entre 1997 y 1998, ha liberado 26 variedades de maíz, diez de frijol, nueve de trigo, dos de arroz, seis de papa y dos de soya, lo cual da idea de las amplias perspectivas existentes. El programa kilo por kilo fue concebido inicialmente para propiciar mayor utilización de semilla certificada en las provincias agronómicas con gran potencial de

producción, ubicadas en seis regiones agroecológicas de México –Norte-Centro, Altiplano, Occidente, Bajío, Valles altos y Trópicos–; sin embargo, se han incorporado otras donde inicialmente no se había contemplado el programa. Además, es conveniente plantear un tipo especial de apoyo en la siembra de semillas para agricultores de mediana productividad, así como para este esquema en áreas donde se considera la reconversión de un cultivo por otro con el uso de las variedades disponibles. La reconversión se refiere a la necesidad de sembrar un cultivo diferente, pero con mayores perspectivas de éxito que el que precedió, por ejemplo, cambiar al de frijol en áreas donde el ambiente no es tan bueno para el maíz, pero sí para aquél, y asimismo, donde no son favorables las condiciones para el frijol, podría sembrarse trigo, que requiere de menor humedad.

Empresas de semilla en baja escala

Con frecuencia no es fácil encontrar la semilla o las variedades más adecuadas en regiones apartadas, no atractivas para las grandes empresas semilleras y agricultores con tenencia de tierra fragmentada, y en ese caso la disponibilidad de semilla registrada en el INIFAP puede permitir el desarrollo organizado de empresas de baja escala, con asesoría técnica para su multiplicación, inspección y difusión, con el apoyo de organizaciones de agricultores, confederaciones y otras alianzas, con el fin de integrar un esquema formal que ofrezca semilla a precios razonables. Este tipo de organizaciones podría complementarse y apoyarse en la actividad de Pronase en el proceso de beneficio y acondicionamiento de la producción obtenida por maquila, con lo cual se ayudaría a regular el precio de la semilla, que ha adquirido niveles excesivos y muy superiores a los de otros países (Espinosa *et al.*, 1993).

Para lo anterior es preciso aprovechar la tecnología de producción de semillas, disponible para variedades mejoradas y que sea barata, de manera que los agricultores puedan tener acceso a ella. Debido principalmente a esta característica de los productores de maíz, en especial el INIFAP, se cuenta con las llamadas Variedades de Polinización Libre (VPL), por considerar que éstas son más adecuadas para los agricultores en

pequeña escala, con limitados recursos de capital. La base de este razonamiento es que la semilla de VPL puede ser usada durante varios ciclos, sin esperar disminuciones sustanciales en los rendimientos, y por otra parte, el uso de híbridos normalmente requiere de la compra de semilla todos los años, ya que el uso de generaciones avanzadas implica el riesgo de fuertes bajas en los rendimientos (Espinosa, 1997). Sin embargo, existe evidencia de que los agricultores en pequeña escala están dispuestos a usar semilla híbrida, si ésta tiene el potencial de superar los rendimientos de los materiales que ellos emplean, como lo demuestran los casos de El Salvador, Zimbabwe, China y Kenia, entre otros. Una característica común en todos estos países es que la semilla resulta relativamente barata y de fácil acceso (López-Pereira y Filippello, 1995).

Respecto a los precios que los agricultores estarían dispuestos a pagar por semilla mejorada, en caso de ausencia del apoyo que otorga kilo por kilo, contrario a lo que podría pensarse, el uso de semilla mejorada en México es económicamente atractivo, aun para los que usan granos criollos en condiciones de semisubsistencia. Si se desarrollan materiales competitivos a bajo costo y con precios razonables, el uso de semilla mejorada puede incrementarse de manera considerable, más aún con la difusión que da el programa kilo por kilo. Esto representa un reto pero a la vez una valiosa oportunidad para el INIFAP en la producción eficiente de semilla básica y registrada, pero sería conveniente dar seguimiento a las compañías privadas que producen y comercializan estos materiales; por ello mismo el INIFAP plantea la necesidad de inspeccionar los lotes de las empresas que multiplican semilla certificada, lo cual sería una labor difícil, pero relevante para el control de calidad e indispensable además para llevar a cabo pruebas de verificación de la calidad genética y fisiológica, antes de incorporar dichos lotes al programa kilo por kilo, a fin de garantizar su calidad y sus efectos favorables, lo cual se hace en diversas empresas para asegurar internamente la distribución y venta sólo de lotes con buena calidad genética de semilla.

La participación del INIFAP en el programa kilo por kilo de maíz para la producción de semillas básicas y registradas, así como la evaluación económica y la repercusión del uso

de semilla mejorada en el programa, permitirá establecer con claridad el efecto del mismo, y con ello propiciar el uso extensivo de los mejores materiales. En especial se cuenta con la tercera generación de híbridos de maíz, y está en proceso la llamada cuarta generación del INIFAP, altamente competitiva en cuanto a rendimiento, características agronómicas, tolerancia al acame y las enfermedades, ciclo vegetativo más corto, y factibles de mecanizarse con cualidades que permiten aprovechar las condiciones de cada agroecosistema. Como ejemplo de tales materiales se pueden señalar los híbridos H-315, H-357, H-358, H-359, H-360, H-431, H-435, H-436, H-512, H-513, H-515, H-516, H-517, H-518. También se cuenta con semilla de variedades de maíz recientemente liberadas en áreas donde la mejor opción para lograr buenos rendimientos no son los híbridos sino las variedades de polinización libre (V-209, VS-221, V-229, V-231 A, V-233, VS-440, V-530, V-531, V-532, V-534, VS-535, VS-536).

Uso extensivo de semilla mejorada en Sinaloa

En el estado de Sinaloa, los agricultores de las áreas de riego rebasaron los planteamientos de la Secretaría de Agricultura, ya que a pesar de recomendarse durante decenios el uso de variedades mejoradas de polinización libre, con lo que se esperaba incrementar la adopción de semilla certificada, lo cual no ocurrió, los propios agricultores promovieron el uso de híbridos trilineales y simples, basándose en los buenos rendimientos, y como resultado esta entidad se ubicó en el primer lugar de producción de maíz en México. Lo anterior es un ejemplo indicativo de que la limitante de adopción de semilla mejorada no fue su precio ni lo es ahora, aun cuando haya adquirido niveles muy elevados, superiores a muchos países (un kg de semilla vale más de cinco dólares). El INIFAP cuenta por lo menos con cinco híbridos de rendimientos superiores a las 14.5 toneladas por hectárea para Sinaloa, mediante los cuales se tiene confianza en que al competir de manera adecuada se podrá distribuir semilla a precio mucho más razonable. El caso de Sinaloa debe analizarse con cuidado, ya que las variedades de maíz que se emplean poseen un excesivo ciclo vegetativo, lo cual, si bien favorece el alto rendimiento, impide la siembra de otro cultivo, después

de cosecharlo, constituyéndose así en monocultivo, lo que no es conveniente para la agricultura sinaloense ni para el país. El sistema de rotación en Sinaloa fue por muchos años de maíz/trigo y después soya, pero la presencia de mosquita blanca en la última, además del alto precio del maíz y sus buenos rendimientos, propiciaron la siembra única de este grano, y ahora se cuenta con variedades tolerantes a la mosquita blanca, el precio es bajo, con tendencia a descender más, y por ello sería conveniente ofrecer variedades de ciclo corto que pudiesen ensamblarse en la secuencia maíz con soya u otro cultivo, a fin de alcanzar mayor índice de eficiencia en el uso de la tierra, pues de otra manera se desaprovecha la fertilidad y la calidad del ambiente de Sinaloa.

Regiones con bajo uso de semilla certificada

En los valles altos de México existen por lo menos 700 mil hectáreas de riego, muy buenas y de alta productividad, donde conviene usar híbridos de preferencia simples en riego y trilineales, y dobles en las otras provincias agronómicas. En esta región sólo se empleaba semilla certificada en un 2%, pero con el programa kilo por kilo se ha incrementado a 6%, y ahora se cuenta con híbridos del INIFAP (H-40, H-42, H-44, H-48, H-50, VS-46), así como de diversas empresas, con lo cual seguramente se extenderá el uso de mejores variedades, porque poseen características agronómicas ventajosas.

El caso de las semillas pintadas

En diversas regiones ha crecido el uso de la semilla pintada, es decir, la utilización de grano al que se agrega colorante para emplearlo como semilla y se abusa de este mecanismo, perjudicial para la agricultura mexicana, por lo cual el INIFAP protege sus variedades, pero se deben conjuntar esfuerzos a efecto de cumplir los lineamientos del comercio de semillas, y deben facilitarse las condiciones para que las empresas informales se incorporen a esquemas regulares; además, otro factor es promover los precios bajos de la semilla para que tengan menor campo de acción estas empresas piratas. ●

Referencias y bibliografía

- Espinosa C., A. "Consideraciones sobre la dependencia tecnológica en la producción de semillas de maíz en México", en *Implicaciones del progreso tecnológico en la agricultura de países en desarrollo*, Chapingo, México, 1992, CIESTAAM-Humboldt, Universidad de Jerusalén-UACH, pp. 348-362.
- Espinosa C., A. "Tecnología de producción de semillas de maíz en México", en *El Maíz en la Década de los 90*, Primer Simposium Internacional, Guadalajara, Jalisco, 1993, Edo. SARH-Delegación Jalisco, pp. 27-33.
- Espinosa C., A.; J. J. Castellón G.; J. I. Cortes F., y A. Turrent F. "Producción de semillas certificadas de maíz a través de microempresas como una estrategia de abastecimiento para México", *Sistemas de producción y desarrollo agrícola*, 1993, pp. 401-403.
- Espinosa C., A.; M. Tadeo, R.; A. Piña del V., y R. Martínez M. "Capacidad productiva de cruza de variedades e maíz de polinización libre combinadas con híbridos simples de maíz.", *Agronomía mesoamericana*, vol. 8, Costa Rica, 1997, pp.139-142.
- Espinosa C., A.; A. Tapia N.; R. Aveldaño S., y M. A. López P. "Análisis económico de la producción y uso de semilla mejorada de maíz en México: el caso kilo por kilo", en *Memoria del XVII Seminario Internacional de Economía Agrícola del Tercer Mundo*, México, 1997.
- Lopez-Pereira, M.A., y A. Espinosa C. "Análisis económico de la producción y uso de semilla mejorada de maíz en México", en *Memoria de la XXXIV Reunión del PCCMCA*, Guatemala, 1992, pp. 1-20.
- López-Pereira, M.A., and M. P. Filippello. "Emerging Roles of the Public and Private Sectors of Maize Seed Industries in the Developing World", *CIMMYT Economics Program Working Paper*, México, D.F., 1995, pp. 95-01.
- Sánchez, R.; F. A. Martínez M., y L. A. López I. "Oportunidades de desarrollo del maíz mexicano", *FIRA, Boletín Informativo*, núm. 309, XXX, 1998, p. 88.



Figura 1. Esquema que ilustra el ciclo geoquímico de los elementos, que involucra a los metales pesados y su relación con las diversas actividades antropogénicas: la minería (M), el intemperismo (W), la agricultura (AG), las aguas del subsuelo (S), las áreas rurales (R), la acuicultura (AC), las áreas urbanas (U) y las actividades portuarias (E) e industriales (I), que constituyen las principales fuentes de aporte.

Contaminación por metales en las costas de México

FEDERICO PAEZ OSUNA

¿Quién aporta los metales pesados en la zona costera?

Los metales pesados llegan a las aguas costeras mediante procesos naturales como el intemperismo y el volcanismo, y también como producto de las actividades humanas, a través de las aguas de escurrimiento, los ríos, la deposición directa y la vía atmosférica (véase fig. 1).

Al igual que el resto de Latinoamérica, México es un país rural, cuyos bosques, selvas, pastizales, desiertos y áreas agrícolas constituyen en potencia los más grandes contribuyentes de metales. En nuestro país se ha reconocido muy recientemente el problema de la erosión del suelo, y cerca del 60% de los casi 200 millones de hectáreas que tiene el territorio nacional la padecen en diversos grados. Respecto a los metales es de esperar que muchos de los suelos erosionados puedan estar afectados por algunos elementos de alto riesgo, sobre todo debido a la aplicación de fertilizantes.



Amanecer cerca de Isla Socorro en el Pacífico mexicano (fotografía del autor).



Sobre el cerro del Crestón (al fondo), el segundo faro más alto del mundo es testigo de la descarga de material dragado, el cual constituye eventualmente una fuente de contaminación metálica de las aguas costeras (fotografía del autor).

Entre los metales que representan mayor riesgo para la salud y que más se movilizan de manera cotidiana están el plomo (Pb), el mercurio (Hg) y el cadmio (Cd). El primero tiene relación con su empleo como antidetonante en las gasolinas, así como con su uso en las baterías, productos metálicos diversos, soldadura y pigmentos. El Hg se vincula con los desechos de los aparatos eléctricos, la producción de cloro y sosa, pinturas, dispositivos de medición, catalizadores y preparaciones dentales. El Cd, por su parte, tiene un amplio uso en el galvanizado, la producción de pigmentos, estabilizadores plásticos, aleaciones y baterías.

Los efluentes domésticos constituyen la fuente antropogénica de suministro de metales más grande de los ríos, y pueden estar constituidos de aguas no tratadas o tratadas sólo mecánicamente, cargadas de sustancias que logran pasar por las plantas de tratamiento, o que son servidas mediante emisores o descargadas en forma directa sobre la zona costera. En este contexto, el empleo de los detergentes con enzimas ha sido relacionado con la contaminación por metales, como manganeso (Mn), hierro (Fe), cromo (Cr), cobalto (Co), zinc (Zn), estroncio (Sr), boro (B) y arsénico (As); además, la utilización masiva de pinturas constituye una fuente potencial de metales como cobre (Cu), Cd, Pb y Zn, e igualmente, los talleres de revelado y el empleo de productos desinfectantes está relacionado con la contaminación por plata (Ag), y lo anterior implica un eventual enriquecimiento metálico de los efluentes domésticos.

Entre los metales que se encuentran en los niveles más altos de los sólidos de estas aguas residuales sobresalen por lo general el níquel (Ni), Cr, Cu, Pb, Zn, Cd y Ag, en concentraciones de 15 a 200 veces más elevadas que las correspondientes a las rocas de la corteza terrestre, que son considera-

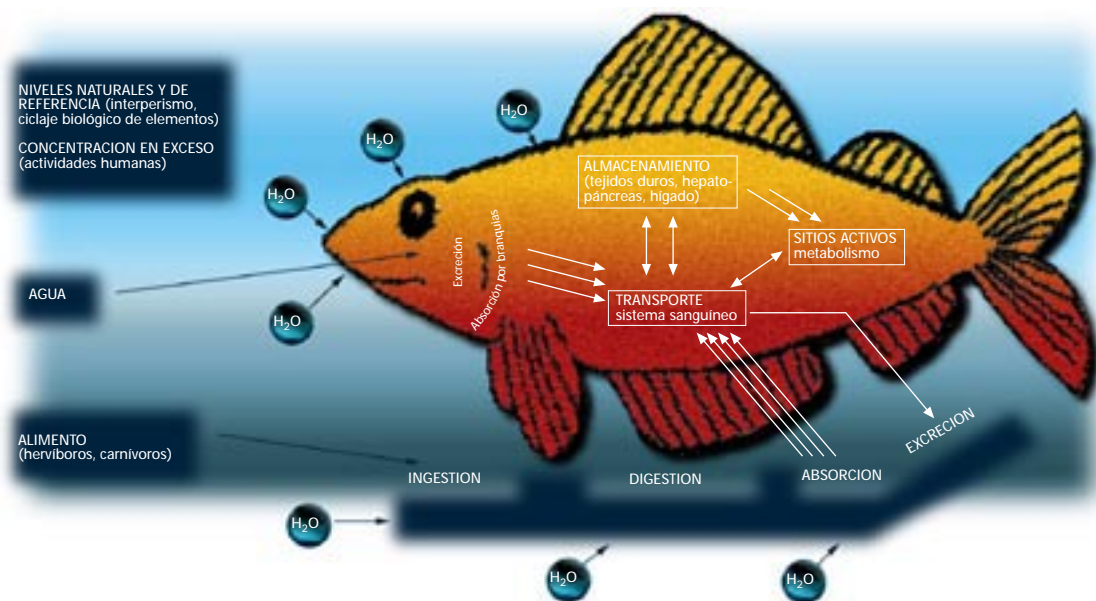


Figura 2. Esquema que ilustra las principales vías de introducción o captura de los metales pesados en los organismos acuáticos. Asimismo, se indican los principales tejidos y órganos de almacenamiento.

das como concentraciones naturales. Existe una gran cantidad de efluentes industriales que contribuyen al enriquecimiento de los metales en el ambiente costero, y según el tipo de industria se involucran diferentes metales, por ejemplo, la industria de celulosa y papel involucra al Cr, Cu, Hg, Pb, Ni y Zn; la petroquímica al Cd, Cr, Fe, Hg, Pb, estaño (Sn), vanadio (V) y Zn; la de los fertilizantes al Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Ni, Sn, V y Zn; las refinерías del petróleo al Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Ni y Zn; la industria del acero al Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Pb, Ni, Sn, V y Zn; la motriz al Cd, Cr, Cu, Hg y Sn; la del cemento al Cr, V y Zn; la textil y las tenerías al Cr, y las termoeléctricas al Cr, Cu y Zn.

¿Qué efectos provocan los metales pesados?

A diferencia de otras sustancias, como los plaguicidas y los radioisótopos artificiales, los metales forman parte de la bioquímica de los seres vivos, y de éstos hay un grupo pequeño formado por Na, K, Mg y Ca que está involucrado en la composición iónica de los fluidos intra y extracelulares, así como otro grupo constituido principalmente por elementos de transición, que es requerido en cantidades muy pequeñas o "trazas" para realizar diversas actividades metabólicas. Estos metales efectúan gran variedad de funciones, de las cuales la actividad de las metaloenzimas, el transporte de oxígeno y las actividades redox son las mejor conocidas.

Diversos investigadores han insistido en que existe un balance muy delicado entre los organismos y el ambiente, determinado por la utilización de los metales pesados en los procesos catalíticos que ocurren en la célula y la bioacumulación de los niveles tóxicos. Este balance se debe no sólo a la abundancia y disponibilidad de los metales en la corteza terrestre,

sino también a las transformaciones que éstos sufren como consecuencia de las alteraciones fisicoquímicas y biológicas que provoca y acelera el hombre.

Las propiedades intrínsecas que determinan el efecto de un contaminante en general son: a) su toxicidad a corto, mediano y largo plazos; b) su persistencia; c) sus propiedades físicas y químicas; d) la tendencia a ser bioacumulado en la cadena alimenticia, y e) la facilidad o dificultad de controlarlo. La mayoría de los metales pesados sobresale sobre otros contaminantes al considerar cada una de estas propiedades y, entre ellos, se clasifican como muy tóxicos para los organismos acuáticos, en orden decreciente, Hg > Ag > Cu > Cd > Zn > Pb > Cr > Ni > Co.

Existe un gran número de factores que tienen influencia sobre la toxicidad de los metales en los organismos marinos, y en general éstos se dividen en factores de tipo fisicoquímico y biológico; los primeros involucran a todos aquellos parámetros que afectan la especiación o forma química de los metales en el agua, por ejemplo, el pH, la alcalinidad, la salinidad y la presencia de ligandos orgánicos (material húmico, pigmentos coloridos de las plantas). Los factores de tipo biológico se refieren a condiciones propias de los organismos, como edad, talla, peso, sexo, madurez gonadal, estadio y tipo de hábitos alimenticios.

Los efectos de los metales en los organismos en general se relacionan con las perturbaciones de los sistemas enzimáticos ubicados en los compartimentos intracelulares, y sus manifestaciones tóxicas se han observado en todos los animales estudiados, incluyendo los organismos marinos y al hombre mismo. Entre los efectos subletales están la reducción del crecimiento en el fitoplancton, macroalgas, moluscos y peces; las deformi-

dades en peces y moluscos; la inhibición de la reproducción en macroalgas y poliquetos, el deterioro de la embriogénesis en bivalvos y el descenso de la fertilización en peces.

La introducción de los metales en los organismos se da por vía directa a través de la superficie corporal, durante la respiración a través de las branquias y mediante la ingesta de los alimentos (véase fig. 2), pero el mecanismo de captura metálica por las células todavía no ha sido del todo dilucidado; sin embargo, las evidencias indican que los metales pasan a través de las membranas celulares, esencialmente por procesos de transporte pasivo, aunque también puede presentarse la endocitosis.

Se ha observado que muchos tejidos de organismos marinos acumulan grandes cantidades de metales y no hay evidencia de que se movilicen, por lo que se ha considerado que estos depósitos son parte de un sistema de desintoxicación, en el que participan proteínas y células específicas, entre las cuales se encuentran las metalotioneínas, que son un grupo de proteínas de bajo peso molecular presentes en las plantas y animales y con inusual contenido de cisteína (30-35%), que se ha sugerido actúan como moléculas reguladoras del Cu y Zn, y como desintoxicadores de Hg y Cd; asimismo, se han identificado células desintoxicadoras especializadas, que se localizan principalmente en el riñón y las glándulas digestivas.

¿En qué niveles están los metales de las aguas costeras mexicanas?

En México, los metales pesados han sido estudiados en varios cuerpos de agua y diferentes organismos y, por fortuna, las concentraciones encontradas en la mayoría de las áreas son relativamente bajas. En la subzona de aguas tibio-templadas de Baja California se ha demostrado la utilidad de *Mytilus californianus* como biomonitor de la contaminación por metales pesados, y los resultados para Ag, Cd, Cu, Cr, Zn, Pb, Al y Mn muestran que las poblaciones de mejillón bajacaliforniano, en especial de Punta Abreojos, poseen condiciones altamente prístinas.² Las concentraciones más altas de Hg en el mejillón se encontraron en sitios aislados,³ sugiriendo que esto podría estar asociado con la ocurren-



Las plantas termoeléctricas, además de emitir gases a la atmósfera, descargan aguas sobrecalentadas y enriquecidas por algunos metales pesados (fotografía del autor).

cia de surgimientos o afloramientos en el área. La acumulación de metales pesados en determinados organismos de importancia comercial y ecológica, como los peces (*Tilapia mossambica*, los camarones (*Penaeus vannamei*, *Penaeus stylirostris*, *Penaeus californiensis*), la langosta (*Panulirus inflatus*), el mejillón (*Mytella strigata*), los ostiones (*Crassostrea corteziensis*, *Crassostrea palmula*, *Crassostrea iridescens*), las almejas (*Chione subrugosa*, *Chione californiensis*) y los mamíferos (*Phocoena sinus*) se ha estudiado en algunas localidades del noroeste del país y la información se encuentra disponible en la literatura científica;¹ además, mediante la concentración de los metales en varias especies de organismos se ha determinado la distribución de los pesados en los diferentes tejidos y órganos, con el fin de identificar los de carácter específico que puedan ser particularmente selectivos y sensitivos a la acumulación de determinados metales. Resultados relevantes en cuanto a contaminación por metales son escasos en esta área; así, las concentraciones de Cd hasta de 20.8 µg g⁻¹ en el hepatopáncreas del camarón de alta mar *Penaeus californiensis* fueron inesperadas y se relacionaron con el enriquecimiento natural de este metal dentro de la cadena alimenticia en el Pacífico oriental, con el calamar como especie clave.

Mediante el análisis de organismos indicadores o monitores, como el ostión de mangle *C. corteziensis*, el mejillón *Mytella strigata* y la almeja *Chione subrugosa*, en muestreos realizados durante 1988 y 1991 se encontró contaminación moderada por Cu, Mn y Zn en el sistema lagunar de Altata-Ensenada del Pabellón (Sinaloa). Dicha contaminación fue más evidente en los sitios que reciben las descargas agrícolas y en los años con más lluvias, lo cual se explica por las grandes cantidades de fertilizantes y plaguicidas utilizados en la región, sobre todo, fungicidas metálicos (Maneb, Zineb, Cupravit y sulfato de cobre).

En una compilación de datos, realizada hasta 1991⁴ sobre estudios efectuados en sedimentos, aguas y organismos de las áreas costeras del golfo del México se destaca que los niveles de metales muestran una tendencia a incrementarse de continuo con el tiempo, y la revisión indica que el Hg y Pb han sido detectados en niveles relativamente elevados en la laguna de Pueblo Viejo y el estuario de Coatzacoalcos (Veracruz), la laguna de las Ilusiones (Tabasco), así como la de Términos (Campeche). En contraste, los datos del Caribe mexi-

cano presentan esta zona como un área libre de contaminación por metales pesados.

En resumen, la mayoría de los niveles de metales en los organismos marinos de importancia comercial en México cumple con los estándares establecidos internacionalmente. Sin embargo, debido a las variaciones en la calidad analítica de los datos, las comparaciones regionales y las conclusiones sobre los niveles detectados deberán ser consideradas con reserva y precaución. En forma adicional, las diferencias en tamaño, época de muestreo y maduración gonadal de los organismos pueden influenciar de manera significativa los resultados cuando se realizan diagnósticos mediante simples comparaciones, e igualmente es necesario considerar las características granulométricas, la mineralogía y la normalización de los datos cuando se comparan niveles de concentración en sedimentos. ●

Bibliografía complementaria

- ¹ Páez Osuna, F.; S.R. Guerrero-Galván, y A.C. Ruiz Fernández. "The Environmental Impact of Shrimp Aquaculture and the Coastal Pollution in Mexico", 1997, *Marine Pollution Bulletin* (en prensa).
- ² Reynoso Nuño, H.E., y A. Jorajuria. "Distribution of Heavy Metals in the Western Coast of the Peninsula of Baja California, using *Mytilus californianus* as Sentinel Organisms", *Ciencias Marinas* 14, 1988, pp. 101-116.
- ³ Gutiérrez Galindo, E.A., y G. Flores Muñoz. "Biological Availability of Mercury in Coastal Seawaters of Northern Baja California", *Ciencias Marinas*, 12, 1986, pp. 85-98.
- ⁴ Villanueva F. S., y A.V. Botello. "Metales pesados en la zona costera del Golfo de México y Caribe Mexicano: una revisión", *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 8, 1992, pp. 47-61.



1971-1999

1974 • Inauguración de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)

Creada a partir de una sugerencia hecha en 1973 por la Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Estudios Superiores, “con el propósito de brindar una opción diferente a los jóvenes que desean cursar una carrera universitaria”, la UAM inició sus actividades el 30 de septiembre de 1974 en su Unidad Iztapalapa, posteriormente, en noviembre del mismo año, se inauguraron las unidades Azcapotzalco y Xochimilco.

Con su organización departamental y su descentralización funcional y administrativa, así como con la figura de profesor-investigador, entre otras características, la UAM ha puesto en marcha sistemas de formación de profesionales acordes a las necesidades nacionales, al tiempo que ha creado nuevas carreras que responden a las demandas de las ciencias y las humanidades. La excelencia de sus programas la han colocado entre las tres mejores instituciones de educación superior de México.



1977 • Aportaciones de Francisco Bolívar Zapata

El doctor Francisco Bolívar Zapata llevó a cabo en Berkeley una de las más grandes hazañas de la ingeniería genética, ya que consiguió que por primera vez una bacteria, la *Escherichia coli*, sintetizara una proteína humana, la insulina.

El doctor Bolívar Zapata estableció la metodología para aislar un gen humano con la información requerida (elaboración de insulina, por ejemplo), introducirlo en el ácido desoxirribonucleico de un virus, que a su vez infecta a una bacteria y le introduce la información para producir la proteína humana. Aunque el trabajo se realizó en equipo, la contribución del doctor Bolívar Zapata fue fundamental para crear la metodología, la cual se emplea actualmente en la mayoría de los laboratorios de biología molecular del mundo. En reconocimiento a su labor ha recibido el Premio Nacional de Ciencias y el Príncipe de Asturias, entre otros.

1977 • Muere Manuel Sandoval Vallarta

La obra científica y docente del doctor Manuel Sandoval Vallarta, quien murió a los 78 años, fue vasta; además de participar de manera importante en la determinación de la naturaleza de los rayos cósmicos, ya que a partir de la teoría Lemaître-Vallarta surgieron otros estudios que contribuyeron al mejor conocimiento de esas radiaciones, fue profesor del Instituto Tecnológico de Massachusetts y de la Universidad de Lovaina.

El doctor Sandoval Vallarta también fue promotor de la ciencia en México. Creó la Comisión Impulsora y la Coordinadora de la Investigación Científica, precursora del Instituto Nacional de la Investigación Científica, del cual fue presidente, ambos organismos son el antecedente directo del Conacyt. También fue director del Instituto Politécnico Nacional, subsecretario de Educación Pública y subdirector científico del Instituto Nacional de Energía Nuclear.

1979 • Muere Alberto Ruz L'huillier

La tenacidad y el espíritu investigador de Alberto Ruz L'huillier, doctor en arqueología que nació en Francia en 1906, se naturalizó mexicano y murió en Canadá, lograron poner al descubierto un pasadizo en el Templo de las Inscripciones, en Palenque, que condujo a una cripta de nueve por cuatro metros. Allí se encontraron los restos de un gran señor maya que vivió hace más de mil años.



El hallazgo, realizado en 1952 por el doctor Ruz L'huillier, director de exploraciones arqueológicas en Campeche, Yucatán y Palenque de 1949 a 1958, se logró después de cuatro años de intenso trabajo en esa zona. El estudio del Templo de las Inscripciones modificó las concepciones que se tenían sobre las pirámides de Mesoamérica y se considera uno de los más valiosos descubrimientos tanto arqueológicos como artísticos del mundo maya.

ALGUNOS ACONTECIMIENTOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS (1971-1999)

- 1971 México se incorpora al sistema *Intelsat*
- 1975 Creación del Instituto de Investigaciones Eléctricas
- 1978 Creación de la Universidad Pedagógica Nacional
- 1979 Inauguración del Observatorio de San Pedro Mártir
- 1981 Nace en México el primer panda concebido en cautiverio fuera de China
- 1984 Muere Conrado Zuckerman
- 1985 Instalación de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico
- 1985 Es puesto en órbita el satélite Morelos I
- 1985 Inauguración de la Ciudad de la Investigación Científica de la Universidad Nacional Autónoma de México, en Cuernavaca
- 1986 Sian Ka'an es declarado reserva de la biosfera
- 1988 Muere Carlos Graef Fernández
- 1988 Muere Guillermo Haro
- 1988 Primer trasplante cardiaco en México
- 1989 Elías Trabulse termina la *Historia de la Ciencia en México*
- 1990 Devolución del *Códice De la Cruz-Badiano*
- 1990 Muere Daniel F. Rubín de la Borbolla
- 1991 Se crea el Programa para Retener en México y Repatriar a los Investigadores Mexicanos
- 1991 Muere Eli de Gortari
- 1991 Muere Guillermo Bonfil Batalla
- 1995 Julieta Fierro obtiene el Premio Kalinga de la divulgación científica, otorgado por la UNESCO
- 1997 Esther Orozco recibe la medalla Pasteur de la UNESCO y del Instituto Pasteur
- 1997 Marcos Moshinsky obtiene el Premio Científico UNESCO
- 1998 Santiago Genovés recibe el Premio Sigilli d'Oro, el más prestigiado en la antropología
- 1998 Muere Simón Brailowsky
- 1998 Muere Salvador Zubirán

1980 • Muere Erich Fromm

En Suiza, a los 80 años de edad, murió Erich Fromm. El psicoanalista alemán pretendió, como Herbert Marcuse y Wilhelm Reich, entre otros, hacer la síntesis de las teorías de Marx y Freud. Sin embargo, su obra es una amplia reflexión sobre el sentimiento de soledad y aislamiento en que vive el ser humano en la sociedad industrializada.

De 1957 a 1973 el doctor Fromm residió en México, donde fundó la cátedra de psicoanálisis y el Instituto de Psicoanálisis en la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); asimismo, realizó el primer estudio psicosociológico de una comunidad rural mexicana, en una pequeña población del estado de Morelos. Por su labor en la docencia y la investigación, se le considera uno de los instructores del psicoanálisis en México, en unión de Santiago Ramírez y Ramón Parrés.

1984 • Creación del Sistema Nacional de Investigadores

En plena crisis económica, y ante el riesgo de que se redujera aún más la comunidad científica, se creó el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), por decreto presidencial publicado el 26 de julio de 1984.

El SNI ha cumplido con el objetivo gubernamental “de fomentar el desarrollo científico y tecnológico del país y fortalecer la investigación en todas las áreas del conocimiento, mediante el apoyo a investigadores. El Sistema está integrado por dos categorías: a) Candidatos a Investigador Nacional y b) Investigadores Nacionales”. Estos últimos se dividen en tres niveles: I, II y III y en cuatro áreas del conocimiento:

ciencias físico-matemáticas; ciencias biológicas, biomédicas y químicas; ciencias sociales y humanidades; ingeniería y tecnología. En 1997, el SNI contaba con 6 278 miembros: 1 297 candidatos a investigador; 3 546 en el nivel I, 952 en el nivel II y 483 en el nivel III.



1985 • Nueva familia de plantas

En la selva lacandona, precisamente el 15 de septiembre de 1985, el biólogo Esteban Martínez, del Instituto de Biología de la UNAM, recolectó un ejemplar perteneciente a una nueva familia de plantas, que se conocería con posterioridad como *Lacandona schismatica*.

Se requirió de tres años de intensos estudios para comprobar que esa planta conformaba una nueva familia. Efectivamente, la disposición de los órganos sexuales masculinos en el centro de la flor y de los femeninos en la periferia, al revés que todas las flores conocidas, le dan una importancia trascendental para el estudio evolutivo de las plantas con flores. En 1988 la comunidad científica mundial reconoció que el descubrimiento del biólogo mexicano, quien además clasificó y dio nombre a la nueva familia de plantas, marcó un hito en el conocimiento de la evolución de los vegetales.

1985 • Primer viajero espacial mexicano

Estrictamente, Rodolfo Neri Vela no es el primer astronauta mexicano, sino el primer viajero espacial de México, porque un astronauta requiere de muchos años de preparación y de un entrenamiento especializado para realizar maniobras de vuelo dentro de los satélites.

El doctor Neri Vela, experto en sistemas de telecomunicación, obtuvo por oposición el derecho a participar en la misión 61-B del transbordador espacial estadounidense Atlantis. Durante el vuelo orbital de siete días, que comenzó el 26 de noviembre, el viajero espacial mexicano realizó algunos experimentos e intervino en la puesta en órbita del satélite de comunicaciones Morelos II. Esta primera y hasta ahora única incursión al espacio exterior de un mexicano brindó a los investigadores nacionales la oportunidad de tener un mayor acercamiento al desarrollo tecnológico espacial de las grandes potencias.

1986 • Primer implante cerebral en humanos

El primer implante de tejido de la glándula suprarrenal al cerebro, ocurrido el 23 de marzo, representa un hito de las neurociencias, ya que abrió nuevas perspectivas en la investigación del funcionamiento cerebral. El doctor René Raúl Drucker Colín, investigador del Instituto de Fisiología Celular de la UNAM, asesoró al neurocirujano Ignacio Madrazo Navarro, del Instituto Mexicano del Seguro Social, en el implante quirúrgico de tejido de la glándula suprarrenal en el cerebro de un paciente con mal de Parkinson, quien mejoró de sus molestias.

A partir de este primer implante exitoso realizado en el mundo, practicado por dos mexicanos, la técnica ha sido empleada por médicos de diferentes partes del orbe con resultados aceptables. Lo más importante de esta hazaña médica es que se demostró que los implantes inducen procesos que pueden modificar el funcionamiento del sistema nervioso central.



Rodolfo Neri Vela.

1995 • Mario Molina, Premio Nobel de Química

El 12 de octubre, después de años de ausencia, el doctor Mario Molina regresó a México, pero en las primeras planas de los diarios. El día anterior, la Real Academia Sueca de Ciencias informó que el Premio Nobel de Química se otorgó a José Mario Molina Pasquel (México), Frank Sherwood Rowland (Estados Unidos) y Paul Crutzen (Holanda) por sus descubrimientos de la formación y descomposición del ozono, que “han contribuido a salvarnos de un problema ecológico mundial que podría tener consecuencias catastróficas”.

De esta forma, el doctor Mario Molina se convirtió en el primer mexicano en obtener un Premio Nobel de Ciencias. Aunque sus investigaciones las realizó en los Estados Unidos, nuestro Premio Nobel manifestó: “me enorgullezco de que mi origen y mi formación las haya recibido en México, ahí nació mi amor por la química y la investigación”.



1997 • Muere Heberto Castillo

A los 69 años terminó la vida del ingeniero Heberto Castillo Martínez, infatigable luchador social que se significó tanto en la vida política como tecnológica del país. En el campo político luchó por abrir espacios democráticos en nuestro territorio, fue secretario particular del general Lázaro Cárdenas, uno de los líderes del movimiento de 1968, cofundador del Partido Socialista Unificado de México y del Partido de la Revolución Democrática.

En el área de la ingeniería, el ingeniero civil y experto en cálculo estructural creó el sistema tridilosa, una técnica para construir techos que consiste en tres piezas en las que se distribuye la carga. Este sistema es menos pesado que el tradicional y más económico. Entre sus libros sobre ingeniería se encuentran *Análisis y diseño estructural* y *Nueva teoría de las estructuras*.

1999 • Premio Príncipe de Asturias a Ricardo Miledi

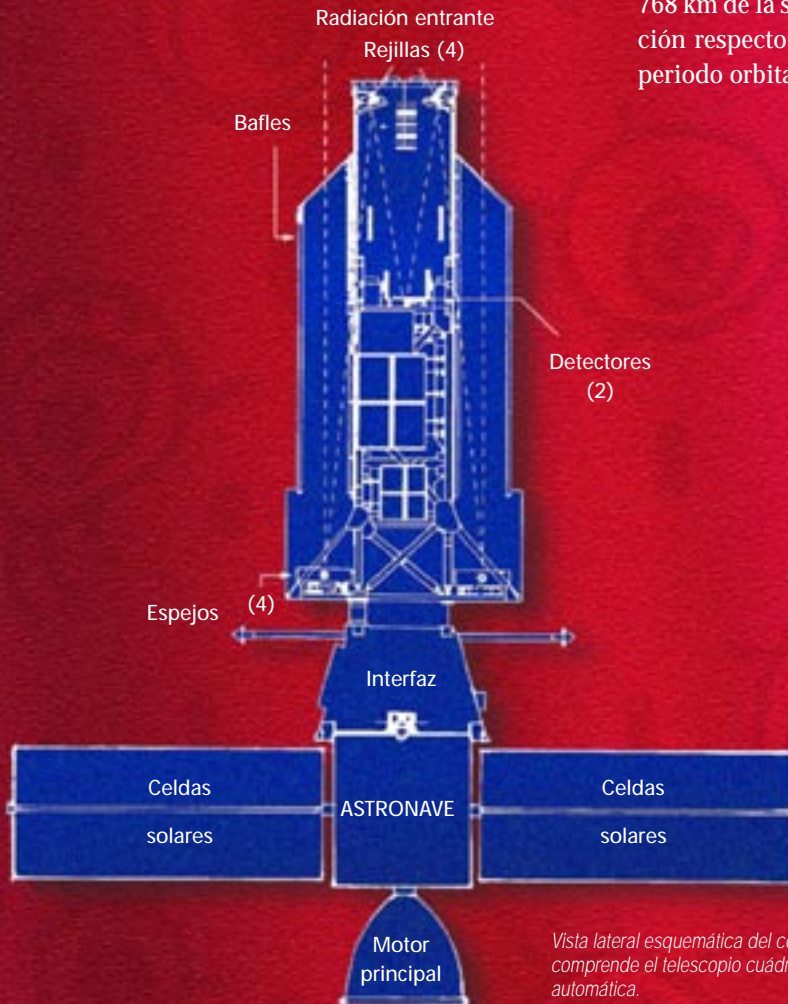
“A pesar de lo loco que parezca, sí se puede estudiar el cerebro humano en los ovocitos de la rana”, afirmaba hace algunos años el doctor mexicano Ricardo Miledi Daw, ganador del Premio Príncipe de Asturias 1999, por sus estudios sobre los receptores de la neurotransmisión, que son “esenciales para reconocer el modo de comunicación de información en el sistema nervioso y su respuesta y afectación por fármacos y sustancias tóxicas”.

El doctor Ricardo Miledi, investigador del Centro de Neurobiología de la UNAM y de la Universidad de California en Irvine, sexto mexicano en obtener el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica, también es un gran promotor de la investigación científica mexicana, ya que ha ayudado a jóvenes investigadores a conseguir becas en el extranjero, con la condición de que regresen a trabajar a nuestro país.

EL FUSE (Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer)

C

uando estas líneas lleguen a nuestros lectores, el FUSE estará ya produciendo novedosa información para astrónomos y astrofísicos; se trata de un telescopio cuádruple, colocado en una órbita circular a 768 km de la superficie terrestre, con una inclinación respecto al ecuador de 25 grados y con un periodo orbital de 100 minutos.



Vista lateral esquemática del conjunto FUSE que comprende el telescopio cuádruple y la astronave automática.

Características

Este nuevo instrumento de construcción multinacional, denominado en español Explorador Espectroscópico en el Ultravioleta Lejano, como su nombre lo indica, está diseñado para la observación en la banda ultravioleta del espectro. Para ello el telescopio consta de cuatro espejos primarios, dos recubiertos con una película reflectora del ultravioleta lejano a base de carburo de silicio y otros dos espejos recubiertos con fluoruro de litio y aluminio, sustancias que son buenas reflectoras de longitudes de onda un poco más largas. Los elementos dispersores están constituidos por cuatro rejillas curvas de difracción de muy alta dispersión, realizadas por la Agencia Francesa del Espacio (CNES); la radiación ultravioleta recibida se enfoca en dos detectores de novedoso diseño, elaborados por la Universidad de California en Berkeley, en tanto que el montaje y alineamiento de los detectores y las rejillas se debe a la Universidad de Colorado.

El FES (Sensor de Errores Finos), que se emplea para apuntar y guiar el telescopio, fue construido por la Agencia Espacial Canadiense. Este aparato cubre un área de 20 por 20 minutos de arco y alcanza a captar estrellas hasta de magnitud 14, esto es, unas 10 mil veces más débiles que las visibles a simple vista.

Campo de observación

La finalidad del telescopio es el análisis espectral en la banda del ultravioleta lejano, emitida por infinidad de objetos celestes o absorbida por nubes de polvo y gases, banda que hasta ahora será posible estudiar gracias a las características de este telescopio cuádruple y a su situación fuera de la atmósfera terrestre.

La banda en el ultravioleta lejano abarca de los 90 a los 120 nanómetros de longitud de onda, y esto implicó lograr que las superficies ópticas de los espejos sean mucho más perfectas que las de los telescopios hechos para observar en la banda luminosa, que abarca aproximadamente de los 350 a los 700 nanómetros, lo cual significa un alto grado de dificultad técnica y el desarrollo de nuevas tecnologías, para lograr

la tersura y la precisión que para este fin requieren dichas superficies ópticas en los elementos que forman los cuatro telescopios del FUSE.

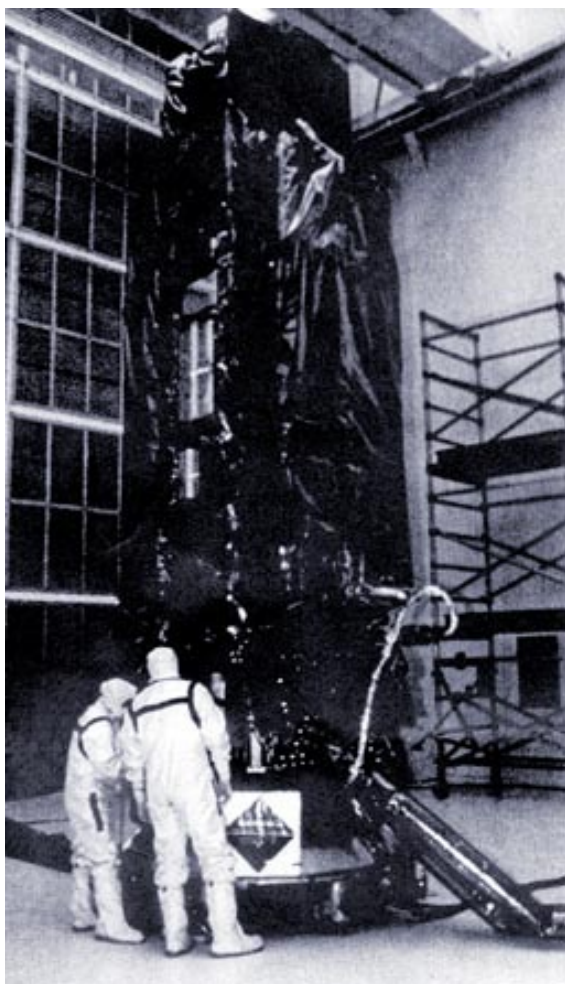
Configuración

El FUSE está constituido por dos sistemas principales, la astronave automática y el instrumento captador. La astronave contiene los subsistemas para energizar y apuntar el telescopio, consistentes en tableros con celdas solares y sus respectivos acumuladores, los subsistemas de propulsión y de control de actitud, tanques y motores de reacción, así como los subsistemas de comunicación, transmisores, receptores y antenas.

El instrumento captador está formado por el telescopio cuádruple, que consta de cuatro espejos con recubrimientos especiales, espectrógrafos equipados con rejillas cóncavas de difracción trazadas holográficamente (inventadas hace más de 100 años por H. Rowland, primer profesor de física de la propia Universidad de Johns Hopkins), y detectores del tipo CCD (Charge-coupled Devices) microcanal, excepcionalmente sensibles a la radiación ultravioleta y dotados de sus respectivas memorias electrónicas. Ambos sistemas se apoyan en las computadoras de a bordo que, junto con el personal de tierra, realizan las operaciones de control y captación de datos.

El lanzamiento del FUSE, que tuvo lugar en junio próximo pasado, se llevó a cabo mediante un cohete propulsor de dos etapas, del tipo Delta II, que partió de Cabo Cañaveral, Florida, y se realizó sin ningún contratiempo.

El FUSE es un instrumento especializado para recibir información en la banda de frecuencias ya mencionada, a la que otros telescopios no tienen acceso; por ello los astrónomos, que ya cuentan con poderosos telescopios capaces de observar en la banda infrarroja y en la visible del espectro electromagnético, podrán complementar sus observaciones con las que realicen a través de FUSE en la banda ultravioleta.



Los técnicos dan los últimos toques al FUSE poco antes de ser colocado sobre el cohete portador Delta II.

Así, los aspectos sobre la formación del Universo, las propiedades de las nubes de gas de las que nacen las estrellas y los sistemas planetarios, las proporciones de hidrógeno y deuterio en dichas nubes, la formación de átomos más pesados como los de litio, calcio, silicio, etc., la existencia del OVI (Oxígeno VI), la forma en que los elementos químicos se dispersan en las galaxias y otros muchos factores relacionados con nuestro origen y nuestro destino podrán ser estudiados con mayor plenitud.

Este telescopio fue diseñado y construido para la NASA y por la Universidad Johns Hopkins de Baltimore, EE.UU., y es la primera vez que una misión de esta envergadura ha sido confiada a una universidad. El investigador principal y responsable es el profesor Warren Moos de la propia institución.

La Universidad de Baltimore y la NASA ocuparán un 40% del tiempo del FUSE, y el resto lo podrán emplear investigadores cuyos proyectos de investigación califiquen para tal fin.



El material fotográfico de este artículo fue proporcionado por la Universidad Johns Hopkins por mediación del M. en C. Jorge Vasconcelos.

Por fortuna, los programas de computadora dedicados a la astronomía no han sufrido el ataque del "Y2K", que ha mantenido preocupados a todos los usuarios de estos aparatos; así, hemos podido elaborar para ustedes estas efemérides sin contratiempo alguno.

Los cielos de enero y febrero en la altiplanicie mexicana por lo regular estarán despejados y nos permitirán apreciar la belleza de la Vía Láctea, las constelaciones con sus cúmulos, las nebulosas y los grupos interesantes de estrellas, siempre y cuando lo hagamos lejos de la iluminación nocturna de las ciudades y las poblaciones. En el número anterior describimos cómo hallar la gran galaxia de Andrómeda, que será visible también durante este bimestre. Además de Andrómeda, debemos mencionar la constelación de Orión, sobre nuestras cabezas a media noche, con los Tres Reyes Magos y su gran nebulosa (M 42 del catálogo de Messier), que aunque visible a simple vista, con binoculares o con cualquier telescopio resulta un espectáculo verdaderamente magnífico; allí, de esa gran nube de hidrógeno y helio, están naciendo docenas de estrellas, cuya aún débil luz nos llega después de haber recorrido el espacio durante más de mil años...

Enero

El 4 de enero la Tierra, que viaja en una elipse alrededor del Sol, se hallará en su perihelio, esto es, lo más cerca del Astro Rey; en esa fecha, su distancia a dicho astro será de poco más de 147 millones de kilómetros (en julio, cuando la Tierra se halla en su afelio, la distancia al Sol es de poco más de 152 millones de km).



Un paseo por los cielos de enero y febrero del 2000

A principios de enero, Mercurio, Urano y Neptuno se hallarán detrás del Sol y por tanto serán invisibles. Venus, muy brillante como lucero de la mañana, Marte, Júpiter y Saturno estarán visibles al atardecer frente a las constelaciones Aries y Piscis.

Durante la noche, las constelaciones Taurus, Orión y Gemini dominarán sobre nuestras cabezas, con las Pleiades, también conocidas como las Siete Cabrillas, en el cénit antes de media noche. En la madrugada, Venus aparecerá muy brillante cerca de Antares, gigante roja y estrella principal de la constelación Scorpius.

Febrero

En febrero, el campo estelar, como cada mes, habrá girado 15 grados hacia el oeste; sin embargo, Mercurio comenzará a verse en esa dirección al ponerse el Sol y a medio mes se hallará en su máxima elongación al este.

Ya entrada la noche, la constelación Leo, con su estrella principal Regulus, subirá por el este, como también la Osa Mayor si se mira hacia el norte; Marte, en la constelación Aries, será visible más al oeste al poco tiempo de ponerse el Sol.

Júpiter y Saturno seguirán casi con los mismos lugares que tenían en enero, pero cada vez más cercanos el uno del otro, ya que su conjunción tendrá lugar a mediados del año.

Coordenadas de los planetas distantes (enero 30)

	Ascensión recta	Declinación
URANO	21 horas 09' 53"	-17 grados 00' 22"
NEPTUNO	20 horas 21' 44"	-19 grados 12' 56"
PLUTON	16 horas 37' 06"	-10 grados 35' 02"

Lluvias de estrellas

La lluvia de estrellas más importante en enero será la de las Cuadrántidas, con su máximo la noche del día 3, y dado que la Luna es casi nueva, las condiciones para su observación resultarán muy buenas. Estos meteoritos penetran a la atmósfera terrestre a 41 km por segundo, sus estelas son cortas pero brillantes y parecen partir de la constelación Bootes (El Boyero).

En febrero tendremos dos lluvias, las Alfa Centáuridas con su máximo el día 8, y las Delta Leónidas con su máximo el 25 del mes. La observación de las primeras –que parecen partir del sur y cuyas velocidades de ingreso a la atmósfera son de 51 km por segundo– será favorable por no haber Luna a media noche. ☾

Fases de la luna

	Apogeo día/hora	Perigeo día/hora	Nueva día/hora	Creciente día/hora	Llena día/hora	Menguante día/hora
Enero	5/20	18/01	 5/11	 13/10	 20/22	 27/17
Febrero	3/22	16/03	4/16	12/03	18/09	26/19

Ciencia, prensa y vida cotidiana

Demasiados, graves y muy complejos asuntos distraen la atención de la comunidad académica en estos días como para recordar como se debe a José Antonio de Alzate y Ramírez en ocasión del bicentenario de su muerte (nació el 20 de noviembre de 1737 en Ozumba y falleció en la ciudad de México el 2 de febrero de 1799). Cosas del tiempo, se entiende, sin embargo, y aunque ya nos hemos referido a esta necesaria conmemoración en “alaciencias” anteriores, nos parece que vale la pena insistir en el homenaje. Por ello decidimos hojear en esta ocasión la interesante y muy rica *Gaceta de literatura*, revista de don Antonio publicada entre 1788 y 1795. Esta visita nos permite también recordar a Roberto Moreno de los Arcos, el perseguidor más apasionado y tenaz del padre Alzate, y agradecer su empeño por acercarnos al personaje y su obra. “¿A qué fin, pues –escribe don Roberto– quiso Alzate desvelarse en los estudios, ponerse en peligro en observaciones y experimentos, padecer grandes fatigas en excursiones interminables, peleas sin cansancio y agotar hasta el último tomín su no escaso patrimonio? A servir sin desmayo al bien público, a la utilidad común, a la nación, a la patria, según él mismo reiteró hasta la náusea en sus escritos y mostró con abundancia en sus trabajos. Diré en suma que la clave de la vida de Alzate está en su amorosa entrega a su sociedad en su tiempo. De su enorme curiosidad y rara inventiva dan abundante prueba algunas de sus ocurrencias... Ha de considerársele el inventor del jabón de aceite de coco, que pudo haber sido buen negocio de Alzate si no hubiera topado con los intereses de los tocineros de la ciudad de México. Propuso, en otra ocasión, que se hicieran cuidadosas observaciones y experimentos para averiguar cómo podía una mosquita de las lagunas penetrar en el agua envuelta en una burbuja de aire, a fin de usar el principio con seres humanos. Se adelantó a la ciencia europea de su tiempo al llamar la atención sobre la posibilidad de que las manchas solares tuvieran relación con los ciclos agrícolas”.

Para tener una idea de la singular personalidad de este compatriota ilustrado padre científico –en los diversos sentidos que tienen tales adjetivos– basta dejar libre la curiosidad para que, de acuerdo con su natural inclinación, se detenga en cualquiera de los artículos que difundió en sus *Gacetas de literatura* hace poco más de doscientos años. Una clasificación del contenido heterogéneo de sus obras indica que se interesó por la medicina, ciencias aplicadas, agronomía, filosofía, minería, botánica, geografía, astronomía, historia, literatura, química, física, matemáticas, educación, arquitectura y alguna que otra cosa más. El rigor y la verdad eran valores fundamentales para el padre Alzate, sin embargo la ciencia encontraba su mejor, y tal vez única, justificación en la vida cotidiana o, como él solía insistir, en el bien público. Por lo anterior, esta modesta sección se complace en recoger algunos fragmentos de un par de artículos que muestran una astilla apenas del escrupuloso carácter de Alzate, pero que confirman su fe, y de pasada la nuestra, en el trinomio: ciencia, prensa y vida cotidiana.

...si 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

Sobre el uso del chocolate

(SATISFACCION A UN AMIGO)



Mi dueño y señor, usted quiere le esponga a mi pesar el juicio que tengo formado del cuadernito que D. Desiderio de Osasunasco imprimió con el título de *Observaciones sobre la preparación y usos del chocolate*, y que fechó en México el 16 de mayo de 1789. No diré con usted que el autor más bien nos expone la historia de su estómago, que la verdadera práctica de preparar el chocolate, al que el autor, siguiendo a un famoso naturalista, califica de theobroma, esto es, manjar de los dioses. Una bebida que ha sido tan perniciosa, o poco provechosa al autor del cuaderno, no sé que los dioses se acomodasen con ella; ya se ve que como los dioses se soñaban inmortales, nunca podrían experimen-

tar los perjuicios que expone el nuevo historiador del chocolate. Usted, que en ocasiones suele estar de humor, y jamás en aptitud para sorber un material que tiene fama de aumentar o causar la melancolía, al oír la voz theobroma, me dijo: más bien le llamaría broma de los dioses; pero esta fue una burla de que prescindimos en la ocasión.

¡Qué mucho que el chocolate no acomode a todos, y que el médico consultado permaneciese irresuelto! ¿Con todos los comestibles no se experimenta lo mismo? Hay estómagos que se engullen un canasto de peras o de uvas, y otros con pequeña porción experimentan una fuerte precipitación. Los vientres, amigo y señor, son como los rostros, o el alcance de la vista, que en nada se parecen. Algunos devoran arrobas de chocolate y otros se incomodan con mascar un grano: hasta aquí nada hemos adelantado. Omito copiar los experimentos que el autor expresa sobre las preparaciones y combinaciones que ha planteado respecto a su estómago, porque otros, que no son de tan debilitada organización, lo toman según y como acostumbran manipularlo las personas que por ocupación se ejercitan en labrarlo, y no se quejan de indisposición. Esto prueba que pocos son los que se incomodan con el uso del chocolate; y extraño en virtud de la instrucción que se conoce posee el autor, no nos ministre o no haya usado de tanta receta chocolatuna que se lee en las obras públicas; porque no sólo los presuntuosos del siglo, los químicos de seriedad como un Baumé, un Parmentier han llamado a juicio al cacao para sentenciar el método y cantidades que deban mezclársele, sino también otros químicos honorarios. Mas dejando esto aparte, veamos el grande descubrimiento que nos presenta el caballero Osasunasco para disponer el manjar de los dioses, de manera que no perjudique aun a los estómagos de los hombres más delicados: veamos, vuelvo a decir, si la receta que se expone es útil o impertinente, gravosa o bromosa. [...]

Extraño y extrañaré que el autor asegure ser bebidas análogas la del café y chocolate: ¿quién ha acusado al segundo de causar temblores de nervios, de conducir a la estupidez, y aun a algo más, según dice Janumes en el diccionario de medicina, refiriendo cierto dicho de una emperatriz de la Persia? Al chocolate tan solamente se ha reputado por algo indigesto (y con fundamentos) de aumentar el humor hipocóndrico: ¿adón-

de pues está la analogía? Si a esto se añade lo que el mismo autor a pocos renglones asienta, que el chocolate *es más agradable y nutritivo, mucho menos cálido e irritante, y por consiguiente de un uso más general, y menos peligroso que el café*: ¿qué analogía puede haber? ¿Acaso el que ambas son bebidas, y convienen en otras cosas tan generales como ésta?...

Modo fácil para extraer las basuras de la ciudad

Mi natural inclinación dirigida a publicar noticias útiles al público, me movió a meditar sobre el modo más fácil de extraer las basuras de la ciudad: dispuse con efecto un informe, y mandé fabricar dos modelos de carros muy proporcionados al intento: todo se presentó a tribunal competente para que se determinase si mis ideas eran útiles o factibles: la fecha de mi presentación es la de 8 de noviembre de 1790. [...]

Siempre viviré agradecido al Señor de Ortiz por haber puesto en práctica mi pensamiento: el público debe darle muchas gracias, porque en virtud de mi informe y de modelos, le presenta una máquina utilísima. Expondré un ligero análisis de mi informe, para que se vea como el nuevo carro es fruto dimanado de lo que escribí y presenté. [...]

Pero aclaremos más los hechos y redúzcanse a su debido valor. Es cierto que Alzate presentó dos modelos de carros de mucha utilidad, lo que ha manifestado la experiencia: ¿se habían antes premeditado o constituido? ¿Tiene algún interés en que se fabriquen de tal o tal modo? ¿Es seguro que el que se ve y se registra recargado del enorme peso, no de 500 quintales, como se dice, que esto es hablar sólo por hablar, sino de un peñasco, que hubiera sido muy dificultoso conducir en carro de los conocidos, y que hubiera maltratado mucho el piso, lo que no ha sucedido? Pues aclárese la verdad: agrádzcasele a los ingleses el haber enseñado que las llantas deben ser anchas, a Mr. Boulard su carreta, y al autor de la *Gaceta de literatura*, el haber comunicado práctica, que sólo se ha descrito en idioma extranjero, y también tenga su parte el maestro Ortiz, porque planteó por mayor el carretón. [...]

Ya que se ha tocado sobre el carro dispuesto por el Sr. Ortiz, no será fuera de propósito proponer a los eruditos la resolución del siguiente problema.

Idear una máquina para levantar a la torre de Catedral la gran campana y la estatua de la fe en el menor tiempo, con la mayor seguridad, y con el menor costo posible. O en otros términos. I. Reducir la máquina usada para elevar cuerpos de mucho peso a mayor perfección, ahorrando gastos &c. II. Especificar un método mediante el cual puedan uno o dos hombres sin fatiga con una garrucha y una sogá levantar un cuerpo del mismo peso que la campana a una altura determinada.

La resolución de ambos problemas podrá depositarse en caso que guste el maestro Ortiz, en poder de alguna persona de confianza. De todos modos se desea que dicho Sr. Ortiz medite algo sobre el particular.

Modo de curar las indigestiones

Como el objeto principal del autor de esta *Gaceta* se dirige especialmente a la utilidad pública, y como por otra parte no hay noticias ni más útiles ni importantes a los hombres que aquellas que puedan coadyuvar en algún modo a la conservación de su salud, y a libertarlos de los ataques de ciertas enfermedades, que aunque no son peligrosas, son demasiado incómodas y molestas; le ha parecido oportuno insertar en ésta la siguiente memoria, cuya utilidad ha experimentado en sí mismo... Extracto de la memoria del señor Daubenton, acerca de las indigestiones que acomete a la mayor parte de los hombres desde la edad de cuarenta a la de cuarenta y cinco años, *Biblioteca económica de 1786*, t. 1, p. 304. [...]

Las indigestiones más frecuentes no son las que mejor se conocen y aún apenas se les denomina así; porque no les acompañan síntomas graves ni molestos, como vómitos o despeño; mas no por eso dejan de ser verdaderas y peligrosas por las resultas. Es importante advertirlas para prevenir sus accidentes funestos, que no reconocen otro origen, y para restablecerse de aquella debilidad de que son causas.

La mayor parte de los hombres que tienen una vida sedentaria (al contrario de los que emplean sus fuerzas en el manejo de las artes) se lamentan de indisposiciones de su estómago, y de que sienten en él cierto peso después de comer: molestia a que acompañan la pesadez del cuerpo, y el entorpecimiento de las potencias. Esta situación tan incómoda se



muda poco a poco; los movimientos del cuerpo se reaniman, y luego que comunican al estómago bastantes fuerzas para vencer el obstáculo que resistía los progresos de la acción, se manifiestan a lo exterior por los eructos.

Aunque este aire expelido, por lo regular no sea sensible al gusto ni al olfato, no por esto debe reputarse semejante al de la atmósfera que respiramos. Los químicos presumen ser una mezcla de aire fijo o mefítico de aire inflamable, y del atmosférico. Sea lo que fuere del mérito de igual opinión, para evitar toda equivocación sobre la denominación de semejante mezcla de aire respecto a sus cualidades, lo nombraré *aire de*

indigestión. El esfuerzo que hace el estómago para expellerlo, se hace notable en ocasiones por una sensación de dolor la que cesa al punto que se expelle enteramente, y expelido, cesa la indigestión y el estómago se restablece en su estado natural. [...]

La indigestión se manifiesta pasado el sueño por un calor extraño en el pecho y estómago, por la falta de apetito, por el entorpecimiento del cuerpo y tristeza del alma, lo que hace que los flatulentos sean tan poco tratables. Llenos de ideas funestas, se irritan con facilidad y por el más ligero motivo. Después de haberse levantado, y que los movimientos del cuerpo han motivado la expulsión del aire, cesa la indigestión y sigue la tranquilidad. [...]

No obstante que los vegetales y los alimentos que de ellos se saca sean más proporcionados a la digestión que las carnes de animales, no por esto se debe inferir que el régimen vegetal sea un seguro camino para prevenir las digestiones en la edad de retroceso. Reduciendo al estómago a tomar un alimento menos substancioso en un tiempo en que se halla debilitado, se arriesgaría debilitarlo mucho más, sin corregir la causa de la digestión, la que proviene del licor surtido por las glándulas del estómago cuando éste se debilita, el licor se espesa al modo de la clara de huevo, cuando debía ser fluido, y difundirse perennemente en el estómago para efectuar la digestión en virtud de su mezcla con los alimentos. Es necesario, pues, emplear un intermedio que lo refuerce sin irritarlo, y sin que cause aquellos efectos violentos que causan los purgantes por su astringencia, y los vomitivos por la convulsión. Basta que el intermedio conmueva las partes interiores del estómago y fortifique las glándulas sin oprimirlas, sino que sólo viertan el jugo que en sí contienen.

¿Por cuál agente se pueden conseguir estos útiles efectos con seguridad? Por la ipecacuana reducida a polvo, remedio bien conocido, pero que no se emplea con la generalidad que merece, ni tampoco se califica como el mejor para corregir las indigestiones en la edad del retroceso. Debe tomarse en pequeña dosis, para que no cause ningún síntoma molesto de náusea, sino tan solamente una ligera sensación de movimiento vermicular, el que basta para despegar el jugo que permanece apegado a las glándulas. La ipecacuana no lo disuelve, porque se arroja en su estado de viscosidad.

El futuro en la nevera

De ovarios, testículos y otras menudencias

Del otrora frondoso árbol de la ciencia, muchas de sus ramas se han secado y otras sobreviven medio marchitas, esperando que un giro providencial les devuelva el antiguo vigor. No obstante, dos de esas ramas conocen hoy sus mejores días, robustas y florecientes, preñadas de multitud de tiernos brotes, la electrónica y la bioquímica.

Más de un sabio ortodoxo me reclamará, con justeza, que el auge que conocen las susodichas disciplinas no es tanto científico como técnico, y que los avances espectaculares a que hoy dan lugar están basados en descubrimientos científicos ya añejos. Ciertamente, no me quedará más remedio que concederle razón; sin embargo, él, a su vez, deberá admitir que los nuevos desarrollos científicos han hecho que las viejas fronteras entre investigación pura, aplicada y técnica se difuminen a tal punto, que a menudo resulta poco menos que imposible discernirlas.

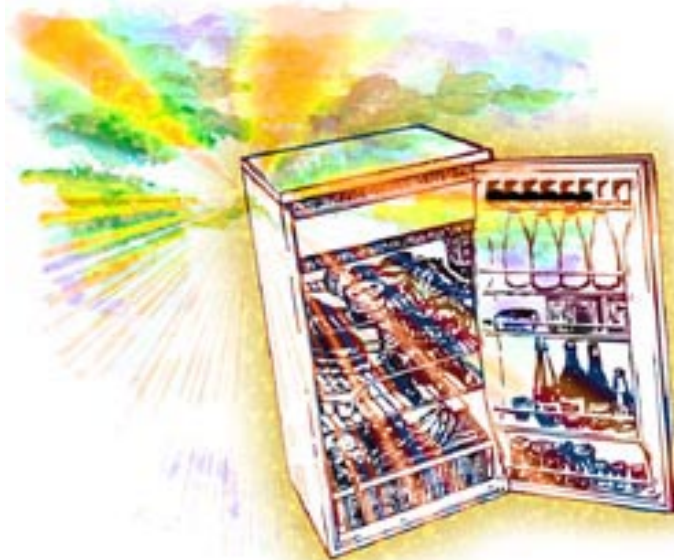
En cualquier caso, los resultados sor-

prendentes están ahí y es imposible no experimentar un cierto vértigo ante el abanico de posibilidades insospechadas que se abren ante nuestra mirada azorada y siempre en retraso. Los más evidentes para la opinión pública profana proceden, sin duda, de la electrónica, en particular de los campos de la computación y las comunicaciones. La innovación en estos terrenos la conocemos, la gozamos y la sufrimos todos, y alcanza ritmos que ponen los pelos de punta al más pintado. Si compra usted, moderno y pudiente lector, una computadora último modelo, se arriesga—sobre todo si vive lejos de la tienda— a que antes de que acabe usted de desempacarla sea ya un modelo anticuado.

Pero la bioquímica, permítame recordarle, no canta mal las rancheras. Sus resultados carecen aún de la incidencia sobre la vida cotidiana que poseen los de la electrónica, pero no sería exageradamente aventurado augurar que en un futuro, menos lejano de lo que parece, la tengan y la sobrepasen. Ya nos hemos ocupado en

“de este lado del espejo” de algunos de ellos, y quien más quien menos ha oído hablar de Dolly y de esta nueva especie de ovejas “artificiales”. Pero las cosas van más allá. La última semana de septiembre aparecieron, por separado, en la prensa de todo el mundo, dos noticias de curiosa convergencia. Por un lado, los médicos del Cornell Medical Center anuncian, para inicios del año 2000, el primer trasplante de testículos humanos. Parece ser que las únicas dificultades son legales y para entonces esperan que ya estén resueltas. El paciente será un niño de 12 años, enfermo de cáncer, a quien el tratamiento dejaría estéril.

En el caso de las mujeres, las cosas, como siempre, van más adelantadas. Casualmente (¿causalmente?) el mismo día en que se anunciaba el proyecto de trasplante testicular, en nota aparte, desde Londres nos llegaba la noticia simétrica. A una mujer de 32 años, también víctima del cáncer, le fue reimplantado uno de sus propios ovarios, que le había sido extraído antes del tratamiento anticancerígeno que lo hubiera dañado de modo irremisible. El órgano fue congelado y conservado cuidadosamente el tiempo necesario, y los médicos aseguran que la paciente podrá procrear en forma normal. Así que ya lo sabe, previsor lector, si por una razón cualquiera quiere usted evitar que sus ovarios o testículos se gasten o echen a perder, ya puede congelarlos y esperar con tranquilidad el momento idóneo para volverlos a usar. De hecho, muchos refrigeradores domésticos ya tienen un compartimento adecuado para guardarlos. Generalmente está en la puerta y cabe una docena. ●



Los tasaday del señor Elizalde

Cuando vayas al súper,
me compras una hoja
nueva de plátano

La noticia apareció primero en el *Daily Mirror*, el 8 de julio de 1971, pero no fue hasta su publicación en *National Geographic* de diciembre de ese año cuando cundió, provocando una verdadera conmoción en los medios antropológicos e intelectuales del mundo entero. En el corazón de la selva virgen de la isla de Mindanao, en el archipiélago filipino, fue descubierta la tribu más primitiva de cuántas se tuviera noticia, los tasaday.

Ahí estaban ellos, alojándose en cavernas y rodeados por árboles hasta de 60 metros de altura, aislados en absoluto del resto del mundo. Eran una veintena de individuos estrictamente endogámicos, que vivían como en la edad de piedra y su cultura era muy similar a la que se presupone fue la del hombre de Cromagnon. No conocían los metales ni elaboraban cerámica; sus únicos y escasos útiles eran todos de bambú, y hacían fuego girando un palo dentro de una madera agujereada. No cosechaban la tierra ni cazaban; se alimentaban de raíces, frutos, ranas, cangrejos y de unas apetitosas larvas gigantes que hallaban en los troncos podridos. Eran monógamos, a pesar de que en la tribu sólo había cinco mujeres. No poseían ni música ni religión. Iban desnudos y únicamente se cubrían el sexo con una hoja de plátano. Su lengua pudo ser descifrada a partir de la de los manobo blit, una tribu relativamente cercana, ya conocida e incorporada a la



“civilización”, y así se supo que en el idioma de los tasaday no existían las palabras “guerra” o “arma”.

Fue tal el interés despertado en todo el mundo por el sensacional descubrimiento, que el gobierno filipino del tristemente célebre Ferdinand Marcos creó un organismo especial, abogado a la protección de los tasaday y de la riqueza antropológica, el Panamin, a la cabeza del cual fue nombrado el antropólogo Manuel Elizalde Jr., quien había sido el descubridor y primer estudioso de los aborígenes, y había divulgado la noticia. Se les asignó una zona exclusiva de 20 mil hectáreas, rigurosamente cercada y vigilada, para que nadie perturbara ni contaminara su apacible y silvestre vida. Los numerosísimos visitantes de todo el mundo —científicos unos, metiches los más— que pretendían conocer en persona a los tasaday debían tramitar costosos y tardados permisos, y someterse a una serie de normas estrictas.

Con rapidez los tasaday se convirtieron en paradigma de la vida idílica y utópica. Eran pacifistas, monógamos y no

adoraban dioses paganos. Un modelo perfecto. Una cohorte de escritores y pensadores, oenegistas, misioneros, santones iluminados y profetas apocalípticos de todas suertes los proclamaron herederos del paraíso perdido y la propia *National Geographic* se erigió en la portaestandarte del naturismo antiindustrial y preconizó una especie de “regreso a la tierra”. La dictadura de Marcos, por su parte, se presentó ante la opinión pública mundial y ante su propio pueblo como adalid de los desprotegidos y de las minorías étnicas. De la más minoría y la más étnica de todas.

Pero todo sueño, ay, tiene su despertar. Y algunos despertares son más bien amargos, sobre todo los de aquel que permite que otro le fabrique el sueño. Resulta que en 1986, después del estrepitoso derrumbe del régimen de Marcos, el Panamin fue medio olvidado y el control sobre la reserva de los tasaday se relajó. Esto permitiría al periodista filipino Joey Lozano y al antropólogo suizo Oswald Iten penetrar en ella sin los engorrosos permisos. ¿Y qué encontraron? Pues a los buenos cromagnones viviendo en una casa convencional a no más de un kilómetro de las cuevas y vistiendo ropas convencionales. Cachados *in fraganti*, no tuvieron más remedio que reconocer que el eminente Elizalde los obligaba a actuar frente a los visitantes. Alguna lección habría que sacar de todo ello, pero no sé cual. En todo caso, es innecesario que le diga, desilusionado lector, que el escándalo del majestuoso fraude de los tasaday no tuvo para nada la publicidad y las estrepitosas fanfarrias de su supuesto descubrimiento. Pasó de noche y quedóto. ●

A toro pasado

Triple Play

La importancia de las cosas bien hechas

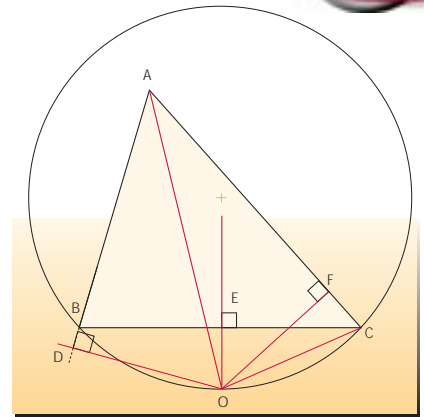
Fue mi gran maestro Emilio Lluís el que me hizo ver con una sola frase el papel fundamental de la corrección y la pulcritud en el pensamiento matemático. Hace una multitud de años, tantos que ni me la creo, era yo un flamante grumete en esa nave llamada Facultad de Ciencias, y que ahora, ay, amenaza irse a pique. Con el entusiasmo y la frescura de todo buen aprendiz, un buen día aproveché los minutos previos al inicio de la clase para acercarme al maestro y plantearle el mismo *torito* del que lo hice víctima a usted, inocente lector, en el número pasado, con igual intención, entonces y ahora, de sorprenderlo, de divertirme y divertirlo. Aunque ese entusiasmo y esa frescura se han decolorado con los años, el espíritu chocarrero, por lo visto, sigue ahí. Ese espíritu chocarrero sin el cual los toritos ni existirían.

Pero mi gozo se fue al pozo apenas iniciado, porque en el momento en que terminé de garabatear la figura en el pizarrón, la misma que le presenté a usted, y me aprestaba a disfrutar del desconcierto del profesor, éste me dijo con la sonrisa entre indulgente y pícaro del que no se ha dejado atrapar en el garlito: “No, así no se vale. En geometría, para empezar, hay que dibujar con cuidado.” Con desconsuelo tuve que reconocer que sin él siquiera sospecharlo había dado en el clavo, y el teatrillo se me vino abajo.

En efecto, el dibujo del torito es tramposo. Si tuvo usted la precaución de hacerlo “a la Lluís”, es decir con regla y compás (o con un transportador, de pérdidas), se habrá dado cuenta enseguida del ardid. El punto **O** en el que se cruzan la bisectriz de un ángulo con la mediatriz del lado

opuesto **no** se encuentra en el interior del triángulo, está fuera de él. De hecho, se halla siempre sobre la circunferencia circunscrita, es decir, la que pasa por los tres vértices del triángulo. Y de las perpendiculares a los otros dos lados, una siempre cae fuera y la otra dentro de él. Esto, claro, se puede demostrar, pero está fuera del nivel de “Deste lado del espejo” (y de mi memoria, dicho sea de paso) y no es necesario. El truco está ahí, en ese pequeño detalle. Todo el resto del razonamiento, ese enredo de los triángulos semejantes, los lados y los ángulos iguales, es escrupulosamente correcto, con la única salvedad de que tales triángulos, lados y ángulos no existen. *Peccata minuta*.

Así pues, el error no es de lógica, sino de simple dibujo; en otras palabras, no se trata de razonamiento, sino de planteamiento. Con los años he ido aprendien-



do hasta qué punto muchos –¿la mayoría?– de los problemas adolecen de este problema. No sólo en geometría y no sólo en matemáticas. Y a menudo, ante las más diversas dificultades con las que la vida se divierte enfrentándonos –reparar la aspiradora, convivir con una mujer o resolver una huelga estudiantil– recuerdo el proverbial brillo de la mirada del maestro Lluís y su brevisima, simple, magistral y múltiple lección: la importancia de las primeras cosas, la importancia de las cosas simples, y la importancia de las cosas bien hechas. Para alguien que, como él, gusta tanto del beisbol, bien podemos decir: *Triple play*. 🍪

Corte una oreja

Agradecemos la gran participación de nuestros lectores en la lidia exitosa de los toritos. Háganos llegar su respuesta, ya sea por correo, a la dirección:

Revista Ciencia y Desarrollo
Conacyt
Av. Constituyentes 1054, 2o. piso
Col. Lomas Altas
Del. Miguel Hidalgo
México 11950, D.F.

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**.

Los nombres de quienes respondieron correctamente el *torito* del número 147 son:

Roberto Aguilar Pérez	Tapachula, Chis.
Francisco Vega Zamora	Cuernavaca, Mor.
Jose Luis Carrizales	San Luis Potosí, S.L.P.

En el sorteo realizado para el número 147 resultó ganador **Daniel Serrano Castillo**, quien re-

cibirá a vuelta de correo el lote de libros correspondiente. ¡Felicidades!

Ocurrencia extemporánea

Una vez cerrada la edición del número anterior, me llega una respuesta, sin duda correcta pero distinta a la que dí, del *torito* 147, el de los tres focos. Me la sugiere el gran amigo Roberto Guerra Milligan, de proverbial y no por ello menos sorprendente inteligencia. El hubiera comprado uno de esos *sockets* con enchufe, hubiera enroscado uno de los focos en él y le habría conectado un radio, de manera que cuando accionara el interruptor correspondiente lo hiciera sonar, para escucharlo desde la planta baja e identificarlo sin necesidad de subir. Ni hablar. Inobjetable. Sólo se me ocurre responderle que, ya en ese plan, mejor se hubiera comprado una extensión para tener el foco junto a él cuando lo encendiera. Lo digo sólo para tener, contra viento y marea, la última palabra. 🍪

No se atarante, mírelo desde arriba

Ya hemos tenido como huésped en “Deste lado del espejo” al insignificante papá de Alicia, Lewis Carroll. Papá también de un sinnúmero de maravillas. Hoy le propongo otro de sus célebres toritos.

Sin duda está usted al corriente de que en Inglaterra profesan un verdadero culto a los laberintos. Les encantan, y eso debe tener que ver algo con el alma inglesa, juguetona y retorcida. Algunos de sus muchos laberintos son célebres y tienen siglos de antigüedad, como el de la Universidad de Oxford, por ejemplo, en el que alguna vez se perdieron los entrañables el Gordo y el Flaco.

Pues bien, imagine que posee usted un jardín rectangular, casi cuadrado, uno de cuyos lados sólo mide media yarda más que el otro. El jardín está conformado como un laberinto en espiral, que se inicia en el extremo de uno de los lados cortos y termina en el mero centro del jardín, donde está colocada una placa en la que se comunica al paseante la buena nueva de que ya llegó al final, y la mala de que para salir deberá rehacer el camino. La senda del laberinto mide una yarda de ancho y, para simplificar, suponemos que los setos no tienen espesor alguno. Todos sus segmentos son rectos y los ángulos que forman también son rectos.

Un visitante bastante ocioso –si no lo fuera no recorrería tan simple laberinto– va contando sus pasos y constata que al llegar al final dio exactamente 3 630. El sabe, buen inglés, que cada uno de sus pasos mide exactamente lo mismo, una yarda. Se sienta a tomar aire junto a la plaquita en cuestión y, mientras

descansa, se pregunta si podría deducir las dimensiones del jardín.

¿Usted, igualmente ocioso lector, podría ayudarlo? Inténtelo y envíeme su respuesta. Y sobre todo no se atarante; ya sabe que la mejor manera de resolver un laberinto es mirarlo desde arriba. No sé si me entiende. En cualquier caso lo discutiremos aquí el próximo número, ya en pleno año 2000.

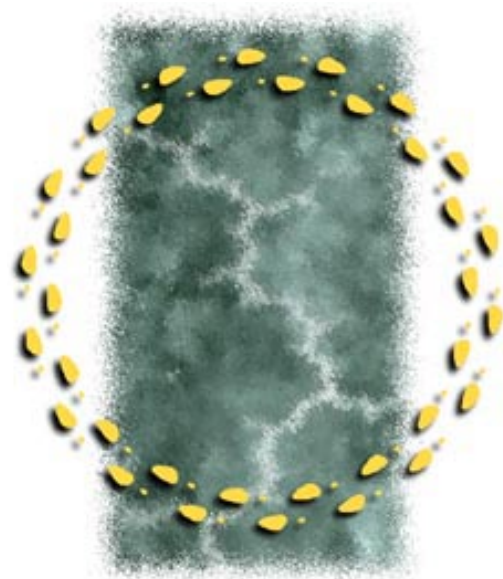
Tenga usted unas fiestas padrísimas,

Fe de ratas

No eran gazapos, fueron castores

En la última edición, los duendes de las erratas no hicieron travesuras, sino atentados. En el planteamiento del *Torito* con el supuesto triángulo equilátero, hablo de los “catetos **DO** y **OC**” cuando en realidad se trata de los catetos **DO** y **OE**. Una lectura atenta permitía descubrir el error, pero si de por sí trato de tomarle el pelo, indulgente lector, no se vale que lo haga aún más bolas con inatenciones como esa.

La otra errata es más gruesa. En la nota sobre la muerte de Descartes, en un momento dado digo que “[la reina] **Cristina cuatro años después de la trágica desaparición de Voltaire, abdicó y se trasladó a Roma**”. No es de Voltaire, en absoluto, de cuya trágica desaparición quería hablar, sino de la del propio Descartes. Me imagino el bucle cerebral que tan descabellada sustitución debe haber provocado en más de un lector. Y me lo imagino porque sin duda yo mismo debo



entrañable lector, y celebre con bombo y platillo la llegada del 2000 como lo que es –¡no lo olvide!–, el último año del siglo XX. Que la vida sea para usted un torito divertido, estimulante y no demasiado difícil. ¡Felicidades! ●

padecerlo, el bucle; de otro modo no se explica. Entre el autor del *Discurso del Método* y el de *Cándido* hay, es verdad, notables semejanzas –ahora me doy cuenta–, aparte de ser ambos franceses, abusados, perseguidos por la Iglesia y refugiados en cortes extranjeras, ¡pero un siglo exacto los separa! Qué me hizo confundir a uno con el otro, sólo Dios y mi psicoanalista deben saberlo.

Lo curioso es que, antes de enviarlo a la redacción, mostré el original a un par de cultos y atentos amigos, a quienes, por lo visto, la aparición fantasmagórica de Voltaire no les llamó en lo más mínimo la atención. Es como aquel consejo a los correctores que daba un viejo periodista de Bucareli: “No busquen los errores en las galeras, una vez impresas se ven mucho más fácilmente”.

En fin. Mil disculpas. Mil sinceras e inútiles disculpas. ●

¿Qué es una pseudociencia?



Con frecuencia el público y los científicos se encuentran ante creencias o afirmaciones insólitas, fantasiosas o desmesuradas que se formulan en nombre de la ciencia. Sin embargo, pocas personas están en posibilidad de distinguir si se trata de una propuesta pseudocientífica o, bien, de algún tipo de especulación de vanguardia por completo válida. El filósofo de la ciencia Mario Bunge, que actualmente trabaja en la universidad McGill, de Montreal, ha estudiado en forma metodológica el fenómeno de las pseudociencias y ha elaborado una guía muy útil para poder distinguir las y analizarlas. Bunge asegura que toda disciplina constituye lo que se denomina un “campo cognoscitivo”. Hay campos cognoscitivos de creencias, como la teología y la crítica literaria, que no pretenden ser ciencias. Cuando se intenta presentar un campo cognoscitivo como ciencia entonces éste se convierte en pseudociencia.

Existe una serie de características que definen a una ciencia y que matizan muy reveladoramente a una pseudociencia. En una ciencia, todos los investigadores trabajan en continua comunicación entre ellos en todo el mundo, mediante publicaciones periódicas y ahora el Internet. Una pseudociencia está formada por una comunidad de creyentes que no investigan y no tienen comunicación con personas de otros campos, por ejemplo, los iridólogos, que creen poder diagnosticar cualquier enfermedad, observando la configuración de los pliegues del iris de los ojos, y quienes jamás intentan corroborar estadísticamente sus afirmaciones, o probar de manera experimental la validez de su dogma básico.

La sociedad tiende a impulsar la actividad científica, y a la pseudociencia la tolera, ya sea por tradición o por representar un buen negocio; véanse por ejemplo, las técnicas de meditación, autoayuda mágica o control mental. Aparte de estos métodos, la sociedad envía a las pseudociencias a las márgenes más remotas de su medio cultural.

La ciencia tiene una concepción del mundo regida por postulados claros, como suponer que el universo está gobernado por leyes naturales que no admiten excepciones, e intenta obtener conocimientos relativos a la realidad y no sobre objetos imaginarios. Su sistema de valores se basa en la claridad, la exactitud, la consistencia de sus afirmaciones y su apego a lo observable, proponiendo la búsqueda de la verdad y no de datos para reforzar determinado dogma. Por su parte, la seudociencia propone excepciones a su favor sobre la vigencia de las leyes naturales –máquinas del movimiento perpetuo o personas que pueden leer con los pies con todo y zapatos– y pretende obtener conocimientos a partir de revelaciones sobrenaturales, argumentos de autoridad o el cánón establecido por algún fundador venerado, como L. Ron Hubbard, etc. El sistema de valores de la seudociencia desprecia la realidad y la exactitud, aborrece la profundidad, es inconsistente y menosprecia los hechos o los resultados experimentales.

La ciencia evoluciona, la seudociencia se estanca en lo revelado por su fundador. El dominio de la ciencia consiste en actividades reales, medibles; el de la seudociencia versa sobre entidades irreales, influencias astrales, desequilibrios de fuerzas dinámicas del organismo, toxinas misteriosas, fantasmas y superegos, entre otras. El fondo formal de la ciencia está integrado por teorías lógicas y matemáticas vigentes, el de la seudociencia es muy modesto y difícilmente acudirá a modelos lógicos o matemáticos, en cambio elaborará modelos de la realidad no verificables, como ocurre con la astrología o los biorritmos.

El fondo específico de la ciencia consiste en datos observados, confirmables y corregibles; en hipótesis y teorías relevantes, falseables y contrastables, porque intenta encontrar leyes que gobiernen entidades reales y pronostiquen su comportamiento, apoyándose extensamente en otras ciencias. Con las seudociencias nunca se intentará obtener leyes descriptivas específicas, y los datos y los resultados de las observaciones se recabarán para confirmar una conclusión previa que, si acaso la contradice, hallará siempre una justificación *ad hoc*. La seudociencia no toma nada de otras ciencias y no contribuye en nada a ellas.

Los problemas que intenta resolver la ciencia son de índole general, es decir, explicar con leyes simples todo posi-

ble comportamiento de entidades reales. En cambio, la seudociencia se aboca a resolver problemas prácticos no cognoscitivos, sobre todo del tipo de “cómo sentirse bien e influir en las personas”. Así, el acervo de conocimientos de la ciencia consiste en las mencionadas teorías establecidas, hipótesis contrastables y datos verificables sobre experimentos que se pueden reproducir, en tanto que el de la seudociencia permanece estancado –la astrología mantiene incólumes las teorías y métodos del alejandrino Ptolomeo, del siglo V de nuestra era.

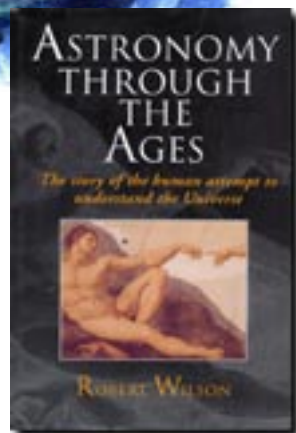
Las metas de la ciencia consisten en descubrir las leyes de las entidades reales, sistematizando hipótesis sujetas a comprobación, e insiste en mejorar los métodos y procedimientos de dicha búsqueda. Las metas de la seudociencia son prácticas, cómo ganar más dinero o hablar con los muertos porque eso pronostica el futuro, y no intenta hallar leyes que amplíen el conocimiento humano.

El método de la ciencia es escrutable, criticable, analizable y justificable, siempre con procedimientos explicables y reproducibles; los de la seudociencia son muchas veces secretos, sólo al alcance de los iniciados, e incluyen supuestas capacidades innatas del experimentador, como por ejemplo, el caso del quiropráctico que “sabe” qué vertebra pulsar para curar la diabetes de un paciente, o el zahorí que “siente” con una varita dónde se encuentra un depósito subterráneo de agua.

En resumen, y tal vez este sea el rasgo más revelador, las seudociencias pretenden y generalmente obtienen, condiciones muy cómodas para lograr su legitimación ante la opinión pública, en tanto que las ciencias se someten voluntariamente a un escrutinio, propio y ajeno de gran severidad. 🌀

Bibliografía

- Bunge, Mario, *La investigación científica*, Barcelona, 1983, Editorial Ariel.
- Bunge, Mario, *Seudociencia e ideología*, Madrid, 1985, Alianza Editorial.
- Stenger, Victor, *Physics and Psychics*, Buffalo, N.Y., 1990, Prometheus Books.



La astronomía a través de los tiempos

E

n este interesante libro se analizan los más fascinantes y complejos temas y conceptos de la astronomía de manera clara y sencilla. En su obra, sir Robert Wilson, profesor emérito de astronomía de la Universidad de Londres, presenta la historia del esfuerzo indagatorio de los seres humanos en torno a los cuerpos celestes, y la divide en tres partes, la primera dedicada a los desarrollos tempranos de la astronomía; en la segunda explora la era del telescopio, y en la tercera presenta el desenvolvimiento de la astronomía moderna, incluyendo al final un glosario y una amplia bibliografía actualizada.

En la primera sección se describen los más antiguos intentos para escudriñar los cuerpos celestes, hechos por las civilizaciones tempranas con sólo la limitada ayuda de los ojos, y termina en el Renacimiento, cuando las observaciones astronómicas comenzaron a hacerse de manera más sistemática y fundamentada a partir de la invención del telescopio. En la segunda, explora la extensión del conocimiento humano sobre el universo, que siguió al uso del telescopio, el subsecuente invento de la placa fotográfica y la introducción de la espectrografía astronómica. Esta parte cubre la época que va desde el Renacimiento hasta la mitad del siglo XX, periodo en el que también se creó una nueva filosofía natural con inmensas implicaciones para la astronomía. Por último, en la tercera sección trata sobre los adelantos logrados en la radio y la astronomía espacial después de la segunda Guerra Mundial, los cuales revelaron un universo más amplio con nuevos e inquietantes objetos celestes y sentaron las bases para que las primeras teorías razonables acerca del origen, la naturaleza y la evolución del universo pudieran ser desarrolladas.

Durante la segunda mitad del siglo XX, las tecnologías que se habían desarrollado durante la guerra con propósitos militares fueron aplicadas a la astronomía, con un efecto, in-

Wilson Robert, Astronomy through the Ages. The Story of the Human Attempt to Understand the Universe. New Jersey, 1997, Princeton University Press, 302 p.

cluso, más grande que el causado por la invención del telescopio. Esos métodos (ondas de radio, rayos infrarrojos y ultravioleta, rayos X y rayos gamma) han permitido realizar observaciones más allá de los estrechos límites del espectro óptico, y han llevado a la astronomía a una época dorada, en la cual nos encontramos (véase Gerald Fishman y Dieter Hatmann, "Gamma-Ray Burst", en *Magnificent Cosmos*, Scientific American, vol. 9, número 1, Primavera, 1998, pp. 68-73). Así, el doctor Wilson, sin matemáticas enredadas ni complejas gráficas explica con gran cuidado y claridad los profundos conceptos de tiempo y espacio, la relatividad y la mecánica cuántica, el origen y la naturaleza del universo, y no sólo nos presenta un relato de la evolución de los instrumentos y las técnicas de estudio de los cuerpos celestes, sino que también ofrece una relación de los aspectos humanos e intelectuales implícitos en el acercamiento a los astros.

Muchas de las actividades intelectuales de las civilizaciones tempranas surgieron de la innata curiosidad humana en torno al mundo natural, y esto fue particularmente cierto en los periodos históricos, cuando los movimientos del Sol, la Luna, los planetas y las estrellas causaron pasmo y excitación. En la antigüedad, la contaminación lumínica de las ciudades modernas no existía y los planetas, nebulas, cometas, estrellas y constelaciones se destacaban brillantes y nítidos en el oscuro cielo nocturno, lo cual permitió a las antiguas civilizaciones, realizar observaciones astronómicas detalladas y tejer una amplia gama de mitos y leyendas en torno a estos cuerpos celestes. La vista de la Vía Láctea, un sendero luminoso en el firmamento, disponible para todos en el pasado distante, motivó innumerables estudios astronómicos, pese a que los propósitos originales fueran más prácticos y místicos que consideraciones científicas.

La necesidad de establecer un sistema calendárico que permitiera la medición y determinación de diversos periodos temporales –día, mes, año– y la necesidad de predecir las estaciones para planificar los periodos de siembra y cosecha trajo consigo la invención del gnomon, el primero y más simple de los instrumentos astronómicos, que consiste sólo en una varilla, cuya sombra va indicando el momento del día y la estación del año. Los aspectos místicos del estudio de los astros se desarrollaron también con fundamento en la astro-

logía, basada en la creencia de que los cuerpos que observamos en el firmamento influyen y determinan los destinos de los seres humanos, y como muchas de las investigaciones sobre los cuerpos celestes involucraban aspectos religiosos, éstas fueron efectuadas por sacerdotes.

El doctor Wilson señala que el Sol, una estrella promedio, nació hace aproximadamente cinco mil millones de años en la Vía Láctea, nuestra galaxia, y se formó al igual que todos los otros astros por la condensación del gas interestelar bajo el impacto de grandes presiones gravitacionales, en tanto que el movimiento de rotación ocasionó la formación de material en discos giratorios, dentro de los cuales ocurrieron condensaciones para formar cuerpos gravitacionales. El que estos objetos se conviertan en una estrella o planeta depende del todo de la cantidad de material condensado en las contracciones gravitacionales, y si es muy grande, el interior se calentará a altísimas temperaturas que generarán la enorme energía que fusiona los elementos más abundantes –hidrógeno dentro de helio (Wilson, 1997, 3).

En nuestro sistema solar, únicamente el Sol alcanzó esa masa crítica y las otras condensaciones produjeron la formación de los planetas. En más de la mitad de otras formaciones estelares, diversos cuerpos excedieron la masa crítica para transformarse en estrellas, y esto se demuestra por el hecho de que en su mayoría son múltiples, con dos o incluso tres estrellas orbitando alrededor de ellas mismas, quizá con algún planeta (véase también John A. Wood "Forging the Planets", en *Sky and Telescope*, January 1999, pp. 37-48).

El gas interestelar a partir del cual se formó el sistema solar estaba compuesto principalmente de hidrógeno (74% de masa) con 24% de helio y todos los otros elementos pesados, desde el carbón al uranio contribuyeron con sólo el 2% de la masa. La abundancia de estos elementos se ve reflejada en la composición del Sol y de los planetas gigantes, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, que constituyen básicamente una esfera gaseosa sin núcleo rocoso, a diferencia de la Tierra, Mercurio, Venus y Marte que son de naturaleza sólida; esta distribución de gases y materia indica un selectivo proceso químico en su formación, que favoreció los elementos pesados y permitió el escape de la mayor parte del hidrógeno y el helio (Wilson, 1997, 3).



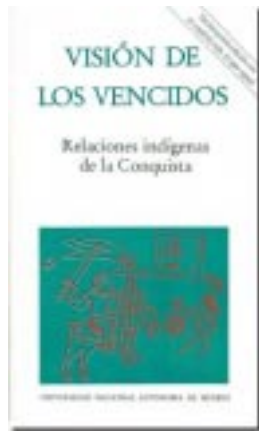
Los elementos pesados no existían al inicio del universo, cuando el primer material producido por la gran explosión (Big Bang) estaba compuesto completamente de hidrógeno y helio, con mínimas partículas de litio, berilio y boron, pero no existía carbón, nitrógeno, oxígeno ni ninguno de los otros 87 elementos encontrados en la Tierra. Por lo tanto, las primeras estrellas que se formaron en la era que marcó el inicio de nuestra galaxia no contenían elementos pesados, y cualquier planeta formado en ese tiempo no era ni remotamente como la Tierra. De hecho, aparte del hidrógeno presente en el agua de nuestros cuerpos, todos los otros elementos que constituyen más del 90% de lo que estamos hechos son el resultado de un proceso nuclear ocurrido en el interior de las estrellas masivas, y de explosiones cataclísmicas ocurridas al final de sus vidas. Debido a lo anterior Wilson (1997, 4) sostiene poéticamente que somos hijos de las estrellas puesto que estamos contruidos con “polvo” procedente del espacio sideral.

La civilización más antigua, la sumeria (cinco mil años antes del presente), nos legó sus observaciones astronómicas en tablillas de arcilla, inscripciones que tenían propósitos religiosos, así como aplicaciones astrológicas o registro astronómico y cronológico. Otras civilizaciones tempranas como las de Egipto, la India y China produjeron y desarrollaron el Zodiaco y el calendario, que culturas posteriores, entre ellas la griega y la romana, adoptaron con ciertas modificaciones (Wilson, 1997, 14).

Una de las secciones mejor logradas de esta obra se relaciona con la explicación del Big Bang, y al respecto el autor señala que actualmente existen varios problemas relacionados con la teoría del inicio del universo a partir de la gran explosión, uno de ellos de índole tanto filosófica como científica. De acuerdo con las matemáticas de la teoría del Big Bang y tomando en consideración el punto inicial en que el universo era infinitamente denso y caliente, se demuestra que antes de esto nada existía, ni materia, ni energía, ni tiempo ni espacio (Wilson, 1997, 279; véase también Mark Chartrand, *National Audubon Society Field Guide to the Night Sky*, New York, 1998, Alfred Knopff).

El universo tuvo que aparecer de un destello instantáneo, es decir, de una creación de la nada, pero basándonos en nuestros conocimientos y entendimiento actual no existe explicación científica al respecto, y algunos pueden regresar a la explicación religiosa, en la cual se afirma que una entidad suprema creó al universo hace 15 mil millones de años, estableciendo su naturaleza y sus leyes; sin embargo, nada hay dentro del estudio científico del universo que desapruebe tal proposición, pero tampoco nada que la respalde. Los avances que la raza humana ha alcanzado en el entendimiento del universo han sido inmensos, pero es muy posible que en el futuro los humanos miren hacia atrás respecto a nuestra presente concepción del universo, de la misma manera como nosotros lo estamos haciendo con Aristóteles (Wilson, 1997, 279).

Sin ninguna duda, esta obra ha sido escrita con el ánimo de comunicar a un público no especialista, en un lenguaje sencillo y llano, el conjunto de conceptos complejos y complicadas teorías, relacionado tanto con la física nuclear como con la astronomía, la historia y la filosofía de la ciencia ●



Visión de los vencidos. Relaciones indígenas de la Conquista, introducción, selección y notas de Miguel León-Portilla, México, 1998, UNAM, Biblioteca del Estudiante Universitario, núm., 81, 15a. ed.

De nuevo se vuelve a editar este volumen de la Biblioteca del Estudiante Universitario que apareció por vez primera en 1959, y que se ha convertido ya en un clásico de la historia mexicana. La *Visión de los vencidos* concentra diversos testimonios sobre la forma como los indígenas sometidos sintieron e interpretaron la violenta irrupción española en su territorio.

Los textos que se ofrecen aquí, compilados y espléndidamente comentados por Miguel León-Portilla, muestran la otra percepción de la conquista de México, la de aquellos que presenciaron el derrumbamiento de su cultura, la de quienes fueron descendientes de los conquistados y no pudieron acallar las voces de su lamento. La traducción del náhuatl al español de la mayor parte de las versiones presentadas en este volumen se debe al humanista mexiquense Angel Ma. Garibay, quien dedicó su vida al estudio de la historia y la literatura nahuas.

Pero ¿qué tiene de nuevo esta decimoquinta edición? La más reciente publicación de esta obra contiene un apartado adicional intitulado “Lo que siguió”, que enriquece los ya de por sí invaluable documentos inmediatos a la conquista, ofrecidos anteriormente. Miguel León-Portilla incluye, además de una esclarecedora introducción general con la que hace acompañar a los textos desde la primera edición y del comentario de los mismos, un conjunto revelador de testimonios sobre el sentir y el pensar indígena acerca de las consecuencias de la conquista, que abarca desde el siglo XVI hasta nuestros días y aparece puntualmente acotado por el editor.

León-Portilla presenta en “Lo que siguió” escritos de diversos géneros localizados en México en el Archivo General de la Nación, y en distintos repositorios de España, principalmente. Asimismo, incorpora conmovedoras manifestaciones poéticas de escritores actuales de estirpe nahua, que exaltan con orgullo sus raíces.

En las primeras ediciones de este libro encontrábamos plasmada ya, mediante distintas expresiones, la visión de los vencidos. Recordemos tan sólo los *icnocuicatl* o “cantos tristes” que describen desgarradoramente el desmoronamiento del mundo indígena, o las distintas ilustraciones de las fuentes pictográficas alusivas a la conquista como el *Lienzo de Tlaxcala* o el *Códice Aubin*, u otros testimonios como los de los informantes de Sahagún o los aliados de Cortés, que relatan aquel suceso desde la perspectiva indígena.

Pues bien, a éstos Miguel León-Portilla añade en la nueva edición un conjunto de composiciones de diverso género, realizadas en diferentes épocas por nobles indígenas y por gente del pueblo, por luchadores sociales y por poetas, que alzan su voz para denunciar los agravios sufridos. Estos interesantísimos documentos iban dirigidos a distintos destinatarios. Así, igualmente encontramos cartas de nobles nahuas que escriben al Rey a mediados del siglo XVI, con el fin de que interceda para que se les destine una autoridad que responda favorablemente a sus demandas; manuscritos confeccionados en el último tercio del siglo XVII, por indígenas de distintos estratos sociales, quienes reclaman lo que consideran sus territorios ancestrales a las autoridades competentes; convocatorias para la defensa de los derechos de los pueblos sometidos al principio de la presente centuria, y exhortaciones expresadas mediante bellas imágenes y metáforas, que pretenden reafirmar y fortalecer la esencia del hombre indígena en la actualidad.

La *Visión de los vencidos* es la mirada del “otro” sobre un acontecimiento que cambió radicalmente su existencia; es el desgarrador testimonio de quien tuvo que doblegarse, pero también del que hoy está aventurándose a resurgir de nuevo, retomando sus orígenes y labrando su particular porvenir.

Enhorabuena por esta decimoquinta edición aumentada que nos permite ahondar en la otra interpretación de un hecho trascendental de nuestra historia. ●

Encuentro Sistema SEP-Conacyt-sector productivo nacional

“El año pasado, los 28 centros de investigación científica del sistema SEP-Conacyt proporcionaron 65 767 servicios correspondientes a las áreas de ciencias exactas y sociales, desarrollo e innovación tecnológica a empresas nacionales”, el antecedente fue dado a conocer por Carlos O’Farrill Santibañez, director de Coordinación y Apoyo Institucional del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), en la ceremonia de apertura del encuentro que inauguró el gobernador de Guanajuato, Vicente Fox, en el Centro de Investigaciones en Óptica, A.C. (CIO).

Carlos O’Farrill señaló el interés del Consejo en que se establezca mayor comunicación entre la ciencia y la industria, en tanto que Vicente Fox invitó a los empresarios de la entidad guanajuatense a que se acerquen más a los centros de investigación y señaló que las inversiones que hagan tendrán mejores rendimientos al tener un componente de tecnología e investigación, además de recursos humanos preparados y capacitados.

Por su parte, Luis Efraín Regalado,

director general del CIO, señaló que el objetivo de este encuentro es fortalecer, ampliar y descentralizar la base científica nacional, así como elevar y promover la capacidad técnica del sector productivo e incidir positivamente en el desarrollo de los sectores económico y social de Guanajuato, abundando: “Se pretende aumentar la competitividad del sector productivo regional mediante la innovación tecnológica y la asistencia técnica y, para esto, las instituciones del Sistema ofrecen su gama de recursos en proyectos, servicios y asesorías.”

En el encuentro se definieron nuevas áreas de proyectos de colaboración entre los participantes, con el fin de formar recursos humanos altamente especializados y lograr la competitividad internacional. Al término de la ceremonia inaugural, Vicente Fox, Carlos O’Farrill, Regalado y funcionarios del gobierno del estado realizaron un recorrido por la exposición de los centros SEP-Conacyt, que fue instalada en el CIO y en la cual se presentaron proyectos de vinculación con empresas, agroindustria, y desarrollo de *software* y sistemas ópticos. ●



VICTOR PEREDA

En la gráfica aparecen Esteban Villanueva (extrema izquierda), Carlos O’Farrill y Luis Efraín Regalado (extrema derecha).

IV Taller Iberoamericano e Interamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología

Este taller organizado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), tuvo como objetivo promover el desarrollo de instrumentos para la medición, el análisis y la toma de decisiones respecto a dichos temas en Norteamérica e Iberoamérica, y en particular se trataron los indicadores de innovación tecnológica, los bibliométricos, la medición de la percepción social y la formulación de la ciencia y la tecnología.

“La construcción de indicadores más confiables y mejor estructurados permitirá la mejor conceptualización y toma de decisiones en materia de política científica”, expresó Carlos Bazdresch, director general del Conacyt, al inaugurar el taller. Por su parte, Mario Albornoz, coordinador internacional de la RICYT, afirmó que existe mayor interés regional por incentivar la colaboración en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, por medio de la consolidación de programas conjuntos.

En su momento, Sandra Brisolla, de la Universidad Estadual de Campinas de Brasil, explicó que el desarrollo de los indicadores científicos y de innovación tecnológica de los países de América Latina generalmente tropieza con diversos problemas, debido a que los cuestionarios aplicados a las empresas no son lo suficientemente precisos ni están diseñados conforme a las características de los países en vías de desarrollo, y por lo anterior no son un referente válido de las necesidades de cada región, lo cual conduce a la obtención de datos

que no ayudan en nada a generar nuevos conocimientos.

En el taller participaron delegados de América y Europa, así como integrantes de la comunidad encargada del diseño y uso de indicadores y estadísticas gubernamentales, académicas y empresariales del país. Este evento es el cuarto de una serie iniciada en 1994 en la Universidad Nacional de Quilmes, Argentina, en tanto que el segundo se llevó a cabo en Cartagena de Indias, Colombia, y el tercero en Santiago de Chile, en 1997.

Los participantes demandaron mayores apoyos a las publicaciones científicas de los países en desarrollo. Así, expertos de Argentina, Colombia, Uruguay y Chile, entre otros, añadieron que el problema no es la falta de proyectos o iniciativa por parte de los investigadores, sino la poca difusión que se les permite en las revistas internacionales especializadas, por lo que es necesario crear cada vez más publicaciones científicas en todos estos países y confiar en ellas en mayor medida.

Al respecto, Xavier Polanco, del Instituto Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Francia, señaló que los procesos de información sobre ciencia deben también tomar en cuenta los conocimientos generados y transmitidos a través de Internet ya que “es un referente de los proyectos científico-tecnológicos que se desarrollan en el mundo, como una forma de acercamiento a la ciencia y un elemento válido para los estudios que se realizan actualmente”. Asimismo, puntualizó: “La validez científica que se puede dar a



Efrén Parada, Mario Albornoz, Carlos Bazdresch y Alvaro Campo Cabal participaron en el IV Taller Iberoamericano e Interamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología.

las páginas Web utilizadas por los estudiantes estará en la medida del prestigio obtenido por las mismas, y para ello es necesario que los trabajos publicados en la red cuenten con un lenguaje universal, es decir, que la difusión no se vea limitada por el idioma, y ubicar el proyecto dentro del contexto mundial, mostrando de una forma clara las ventajas o desventajas que pueda generar.”

Otro de los temas tratados en el taller fue el de la nueva Ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica “que considera aspectos financieros que constituyen parte fundamental para el desarrollo científico del país y que generará beneficios tanto para los científicos como para los centros de investigación”; así lo manifestó Marco A. Franco, subdirector de Información Estratégica del Conacyt, quien concluyó: “De acuerdo con la ley, a los científicos se les va a evaluar y dar más apoyo por intermedio de los centros de investigación y con esta medida dichos centros generarán más recursos y los investigadores mejorarán su nivel de vida.”

Por su parte, Adrián Jiménez, director

Adjunto de Política Científica del Conacyt, comentó que las bajas inversiones del sector privado en investigación y desarrollo tienen relación directa con la falta de recursos propios, la inexistencia de fondos de capital de riesgo, el poco interés por incrementar su presencia en el mercado a mediano y largo plazos, y el no tomar en cuenta la presión de la competencia a pesar de que el mercado está en un proceso de franca globalización. Además sostuvo que: “Por lo anterior, es necesario generar indicadores de impacto del estímulo fiscal, y convencer al sector privado y a los sectores involucrados de que la inversión en este rubro es uno de los instrumentos más útiles para acelerar el crecimiento económico y elevar los niveles de vida de la población.”

Por último, cabe mencionar que durante el periodo de 1999 al 2000, la RICYT tiene contemplado organizar talleres y foros en distintas latitudes de la región, con el objetivo de seguir enriqueciendo la labor conjunta de los organismos nacionales e internacionales dedicados al fomento y desarrollo científico y tecnológico. ●

Conacyt e ITAM crean fondo monetario para otorgar becas-crédito


El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y el Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM) crearon un fondo conjunto de becas-crédito para estudios de posgrado, que espera alcanzar la cifra de 60 millones de pesos, de los cuales, el licenciado Carlos Bazdresch, director general del Consejo, ya ha entregado cinco millones a Arturo M. Fernández, rector de la mencionada institución educativa.

El fondo, cuya ceremonia de creación fue realizada en las instalaciones del ITAM, constará de 20 millones de pesos aportados por el Conacyt, en cuatro años, en tanto que el Instituto aportará 40 millones de pesos en nueve años, para hacer un total de 60. “Este tipo de convenios, autosustentables en el mediano plazo, y de los que ya hay dos suscritos con instituciones de enseñanza privada, tienen características muy positivas, entre las que está el hecho de que los fondos serán administrados por las universidades para el otorgamiento de créditos educativos a estudiantes, en programas de posgrado de excelencia”, señaló Bazdresch.

El director general del Conacyt aseguró que “con esta clase de acciones se pone en claro la voluntad que existe por parte del gobierno federal y de las instituciones de enseñanza privada, de invertir conjuntamente en el capital humano de la nación, y dar mayor certidumbre en el largo plazo a los montos disponibles para el financiamiento de estudiantes de posgrado”.

Por su parte, el rector del ITAM sostuvo que “se pretende que este fondo sea de largo plazo, ya que su autosustentabilidad será resultado del éxito que tengan los alumnos posgraduados al elevar su nivel económico, y en esa medida recuperar el crédito concedido por el Instituto, lo que permitirá que otros alumnos tengan acceso a las becas”. Cabe señalar, que el fondo beneficiará, en este año lectivo, a cerca de 80 alumnos en dos programas de posgrado.

Arturo M. Fernández aseguró que dichos mecanismos de financiamiento educativo se distinguen por ser ágiles en

su operatividad, revolvencia y cobranza, por lo que se espera que a largo plazo se beneficie a un número considerable de estudiantes. Así, el convenio suscrito por el Conacyt y el ITAM comprende aspectos como el establecimiento de las bases de colaboración para apoyar de manera concurrente al Fondo de Apoyo a los Programas de Posgrado o similares dentro de la institución, y el otorgamiento de becas-crédito. El patrimonio del Fondo estará constituido por recursos líquidos en efectivo, depósitos bancarios, cuentas maestras y en valores colocados entre los inversionistas. 



Arturo Fernández, rector del Instituto Tecnológico Autónomo de México, y Carlos Bazdresch al concluir la firma de creación del fondo conjunto de becas-crédito.

Se analiza la inversión en ciencia y tecnología en la Primera Semana del Quehacer Científico y Tecnológico

“La formación de recursos humanos de alta calidad constituye el rubro al cual el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) destina la mayor parte relativa de su presupuesto”, dijo Jaime Martuscelli, director adjunto de Investigación Científica y Tecnológica del mismo, durante la presentación de la Primera Semana del Quehacer Científico y Tecnológico, efectuada en Juriquilla, Querétaro, en las instalaciones del Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav), del Instituto Politécnico Nacional, con la participación de los representantes de diversas instituciones académicas de nivel superior.

El funcionario explicó que 40% de los recursos del Conacyt se destina al programa de becas, 26% al apoyo a la ciencia y 20% al Sistema Nacional de Investigadores, y asimismo expresó: “Cabe señalar, que alrededor del 70% del total de la inversión nacional en ciencia y tecnología proviene de recursos destinados por el gobierno federal a este propósito, ya que a pesar de las fluctuaciones en los fondos asignados a dichos rubros, producto de las recurrentes crisis económicas, se puede llegar a esa cifra porque el gobierno federal está convencido de que el desarrollo del sector no sólo es necesario, sino prioritario. En contraste, el sector productivo interviene en promedio sólo con el 18 por ciento.”

Al hacer un análisis de la inversión que hacen las secretarías de Estado en ciencia y tecnología, el director adjunto del Conacyt manifestó que la de

Educación Pública (SEP) aporta 57%; la de Energía, 30%, y el restante se distribuye entre las demás, y que de los recursos de la SEP para ciencia y tecnología, 30% se canaliza al Conacyt, 21% al Sistema SEP-Conacyt, 24% a la Universidad Nacional Autónoma de México, 7% a la Universidad Autónoma Metropolitana, y el resto a las otras universidades públicas del país.

Martuscelli explicó que mediante la aplicación de programas cuidadosamente elaborados y probados se logran avances en el campo de la ciencia y la tecnología, como es el caso de los de becas y repatriaciones, así como el del padrón de excelencia, entre otros, que han permitido incrementar la cantidad y el nivel de recursos humanos altamente

capacitados que requiere el desarrollo de México: “Por ejemplo de 1991 a 1998, el Programa de Repatriación ha traído al país aproximadamente a 1 600 científicos mexicanos, que se distribuyen en las universidades de las diversas entidades federativas de la República, constituyendo esto un factor de descentralización de la actividad científica”, abundó el funcionario.

La ceremonia de inauguración de esta primera semana fue presidida por Gabriel Siade Barquet, secretario de Educación del Estado de Querétaro, y en ella participaron Manuel Ortega, subsecretario de Educación e Investigación Tecnológica, y Adolfo Martínez Palomo, director general del Cinvestav.



Disco óptico con la obra del científico novohispano José Antonio Alzate

La Universidad Autónoma de Puebla (UAP) presentó el disco óptico denominado *José Antonio Alzate. Gacetas de literatura de México*, con el fin de difundir la obra del científico mexicano más importante del siglo XVIII, cuya postura sobre la creación de una ciencia local continúa siendo válida.

El vicerrector de Investigación y Posgrado de la UAP, Carlos Contreras Cruz, aseguró que Alzate fue el científico de mayor relevancia de su época en México y que la discusión en torno a la ciencia, propiciada por él en ese entonces, aún sigue vigente. La edición del disco óptico recoge la obra de Alzate, publicada en las *Gacetas de literatura de México*, que se encuentran en la biblioteca José María Lafragua de esta institución educativa.

Contreras Cruz agregó que Alzate y su obra son ejemplo de que “Es posible y vale la pena hacer una ciencia en el propio país al que uno pertenece, ya que

durante la Colonia prevalecía la idea de que la ciencia de Europa era la única que tenía validez. A finales del siglo XVIII, Alzate estaba convencido de que los criollos y los mestizos novohispanos tenían la capacidad de competir con los científicos europeos, y defendió la creación de una ciencia novohispana de tan buena calidad como la que se creaba en París, Londres o Madrid.”

Aunque Alzate nunca viajó fuera de la Nueva España, por medio de sus gacetas discutía con los científicos europeos; además era presbítero, lo que invalidaba el divorcio entre ser científico y religioso, pues sus aportaciones se volcaron en las ciencias naturales, la química, la electricidad, la geografía, las matemáticas y la astronomía.

La edición del disco óptico fue posible por medio de la captura de la colección de gacetas pertenecientes a la biblioteca José María Lafragua de la UAP, y cada ejemplar tendrá un costo al público de 200 pesos. ●



Tecnología de punta para investigaciones aplicables en la industria

En el marco de la Conferencia Metropolitana de Microscopía de Tunelaje, Fuerza Atómica, Magnética y afines, se dio a conocer la puesta en marcha del sistema de microscopía de tunelaje, fuerza atómica y afines o SPM (Scanning Probe Microscope) que se encuentra en el laboratorio de física aplicada de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)-Azcapotzalco.

Jesús Morales Rivas, coordinador de Estudios de Posgrado de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Unidad Azcapotzalco, explicó que este sistema se utiliza en el efecto túnel y para detectar potenciales electrostáticos destinados a obtener información atómica y molecular sobre las características estructurales de diversos materiales, tanto sólidos como líquidos.

Con una inversión superior a los 150 mil dólares, la UAM cuenta ahora con una herramienta vanguardista en el estudio de las nanoestructuras, así como en la creación y desarrollo de la nanotecnología (producción de nanocomponentes útiles en medicina, biología y sistemas de cómputo, entre otros), y permitirá que se cumpla con las funciones de modelaje, síntesis y caracterización de los materiales en el laboratorio de física aplicada.

Sobre los beneficios y aplicaciones de la técnica de microscopía de efecto túnel mencionó que al conocer la estructura molecular de los materiales, éstos se pueden elaborar con las características apropiadas que se requieren para su desarrollo tecnológico, según su aplicación industrial, además, es de gran

Retos y oportunidades de la biotecnología en México

importancia por su utilidad en los campos de las tecnologías limpias y emergentes, como la optoelectrónica, la catálisis, la biología, la medicina, la computación y la metalurgia, entre otras disciplinas.

En el evento, Miguel José Yacamán, director del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), dictó la conferencia Avances recientes en microscopía electrónica de ultra y alta resolución, en la cual afirmó: “El reto en el nanomundo es construir –en lugar de un circuito– un sistema integrado, en donde por medio de un *chip* se instale una nanocomputadora, un nanoprocesador óptico, un sensor y una fuente de poder, que funcionen mecánicamente, lo cual produciría un cambio tecnológico impresionante, que se podría aplicar en medicina, mediante la creación de máquinas inmunológicas destinadas, por ejemplo, a la destrucción de células enfermas del organismo humano.”

Cabe señalar que los nanomateriales tienen pocos átomos para ser considerados cristales y demasiados para ser moléculas, y que en la actualidad sus principales aplicaciones se han desarrollado en las emulsiones fotográficas, las catálisis, los materiales magnéticos y la electrónica. Los equipos se encuentran a disposición de la comunidad académica y científica de las diversas instituciones educativas del país 🌀

El foro denominado Retos y oportunidades de la biotecnología, organizado por la Academia Mexicana de Ciencias (AMC), se llevó a cabo en Huatulco, Oaxaca, el pasado mes de septiembre en el marco del convenio de colaboración celebrado entre la AMC, el Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia de la República (CCC) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt).

Dicho foro, en cuya organización participó la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería, fue coordinado por el presidente de esta institución, Enrique Galindo Fentanes, y durante el primer día el evento estuvo integrado por las siguientes ponencias: Paradigmas científicos en biotecnología ante el nuevo milenio, la biología molecular, presentada por Francisco Bolívar Zapata, de la AMC; Ingeniería bioquímica, de Gustavo Viniegra, de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa; Un panorama de la biotecnología en México en los últimos 15 años, con la participación de Rodolfo Quintero, del Centro de Biotecnología de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos; Implicaciones de la biotecnología para la biodiversidad, de Jorge Larson, de la CONABIO, y Alberto Szekely, del Bufete de Sensoría Ambiental; Propiedad industrial y biotecnología, de Deborah Lazard, del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial;



Aspectos de bioseguridad en procesos y productos biotecnológicos, de Amanda Gálvez, de la facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Posteriormente, se presentaron las conferencias: El desarrollo de la industria biotecnológica en México; Experiencias industriales exitosas de biotecnologías desarrolladas en México; La biotecnología agrícola desde el punto de vista de una empresa grande y La organización de biotecnológicos en México: la experiencia de la Sociedad Mexicana de Biotecnología, además de Aspectos legislativos de la biotecnología en México, ponencia dictada por María del Carmen Díaz Amador, presidenta de la Comisión de Ciencia y Tecnología de la Honorable Cámara de Diputados, entre otras. 🌀

El Fondo de Cultura Económica celebra su LXV aniversario

Daniel Cosío Villegas fundó en 1934 el Fondo de Cultura Económica (FCE) con el objetivo inicial de formar una biblioteca básica de economía para los estudiantes e investigadores del área. Posteriormente, se comprendió que también era necesario ofrecer libros fundamentales para las demás áreas del conocimiento, y durante los primeros 15 años de su vida editorial surgieron nuevas y variadas colecciones como las de Derecho, Biblioteca Americana, Filosofía, Tierra Firme, Sociología, Historia, Ciencias y Tecnología, Tezontle y Antropología; además, se empezaron a publicar y a promover obras en español, que se sumarían a las traducciones iniciales del catálogo editorial.

Arnaldo Orfila Reynal ocupó la dirección de 1948 a 1965, años durante los cuales se crearon seis colecciones más: Breviarios, Lenguas y Estudios Literarios, Arte Universal, Vida y Pensamiento de México, Psicología, Psiquiatría y Psicoanálisis y la Colección Popular.

En el periodo de 1965 a 1976 el FCE tuvo varios directores, Salvador Azuela, Antonio Carrillo Flores, Francisco Javier Alejo, Guillermo Ramírez; en 1977 José Luis Martínez asumió la dirección, y entre 1983 y 1988 Jaime García Terrés añadiría 12 colecciones más. Por otra parte, en 1989 Enrique González Pedrero dio gran impulso a la colección de Política y Derecho.

Desde 1990, el FCE está dirigido por Miguel de la Madrid Hurtado, y a partir de esa fecha se han publicado 2 075 primeras ediciones y 4 004

reimpresiones. Asimismo, se crearon las colecciones de libros para niños y jóvenes, la de códices prehispánicos y muy recientemente la denominada Fondo 2000, que reúne obras selectas de autores clásicos y contemporáneos, y la de audiolibros Entre Voces.

El FCE es un órgano descentralizado que edita, publica, comercializa y difunde obras de la cultura universal, particularmente iberoamericanas, para contribuir a la formación de los lectores, estudiantes y profesionales, en forma armónica con las políticas educativas y culturales del Estado. Así, además de su casa matriz, ha establecido nueve subsidiarias con el fin de difundir mejor sus libros en el ámbito internacional –Buenos Aires, Argentina; Santiago de Chile; Madrid, España; Lima, Perú; Bogotá, Colombia; San Diego, California; Sao Paulo, Brasil; Caracas, Venezuela, y la ciudad de Guatemala– y de este modo

la institución se ha convertido en un foro que crea la posibilidad de unir la cultura iberoamericana.

Cabe destacar que de 1934 a 1999 el FCE ha publicado en total 15 660 títulos, de manera específica La Ciencia desde México / La ciencia para Todos, colección producida con el apoyo de la Secretaría de Educación Pública y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, que alcanzará los 10 mil ejemplares por cada título al finalizar este año.

Asimismo, crece el tiraje de los libros de texto. De las obras que se han publicado a lo largo de este año, destacan *Historia verdadera del realismo mágico*, Obras I y II de Héctor Azar, el tomo XVIII de las *Obras completas* de Octavio Paz, *Territorios del tiempo*, *Entrevistas con Carlos Fuentes*, *Afuera pasa el siglo*, *Los lenguajes del color*, *Antojo de trampa*, *Obra completa* de Francisco Rojas y *El estilo griego III*. ●



Cámara de seguridad capaz de reconocer a una persona disfrazada

Software & Systems International, empresa británica dirigida por Philip Bowe y Patricia Oldcorn, ha desarrollado un sistema de vigilancia denominado Mandrake, capaz de reconocer la cara de una persona entre una multitud, aun cuando ésta esté disfrazada.

Esta técnica de reconocimiento se basa en los últimos avances de las llamadas redes neuronales o de inteligencia neuronal, con las cuales se programa un ordenador para tomar decisiones, imitando el procedimiento que sigue el cerebro humano. Así, mediante el proceso de biometría, que consiste en recoger, procesar y guardar en la memoria de la computadora los rasgos de la cara de una persona, éstos son comparados con los que se almacenan en una gran base de datos que, mediante este programa, reconoce a una persona entre una multitud, mediante las imágenes proporcionadas por una cámara de circuito cerrado de televisión.

Con este objetivo, Mandrake revisa hasta 250 imágenes por segundo, y tiene la capacidad de identificar una cara vista desde distintos ángulos y condiciones de iluminación, estudiándola exclusivamente desde la parte superior de las cejas hasta la punta de la barbilla y de una sien a otra, sin ocuparse del peinado, el color de la piel, y la barba, gafas, maquillaje o bisutería que pudiera portar. Así, en el caso de ser necesario que la cara sea buscada en archivos muy grandes, como sucede con los archivos

policíacos, pueden también incorporarse al programa de búsqueda otros parámetros conocidos de la persona, como su peso o su estatura.

Otra de las aplicaciones útiles de Mandrake es el control de acceso a locales. En este caso se utiliza junto con dos cámaras ocultas a la entrada del lugar vigilado, y mientras la persona

introduce una tarjeta de identificación o teclea su número confidencial, el sistema comprueba sus rasgos y los compara con los que tiene almacenados en su base de datos. Este sistema ya es utilizado en diversos lugares de los Estados Unidos, y se pondrá a prueba en varios estadios de fútbol de las cercanías de Londres. ●

Software & Systems International Ltd.




Cuando se trata de reconocer un rostro entre una multitud, en un sitio que cuenta con televisión en circuito cerrado, el Mandrake revisa hasta 250 imágenes por segundo hasta encontrar a la persona buscada.

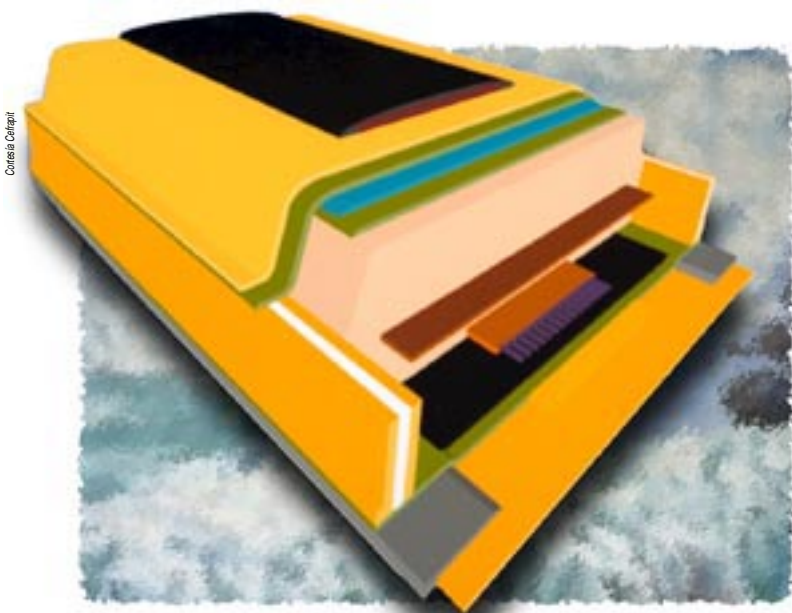
*Para mayores informes dirigirse a:
Software & Systems International Ltd.
3 Bristol Way, Slough, Berkshire,
United Kingdom, SL1 3QE.
Correo electrónico: ssi@dial.pipex.com*

Nueva herramienta de simulación para el diseño de piezas de materiales compuestos

El grupo ESI, líder en el campo de la simulación de prototipos virtuales desarrolló un nuevo *software* denominado SYSPLY, especialmente diseñado para optimizar los procesos de elección y disposición de las estructuras de compuestos que estén constituidas por múltiples pliegues en sus formas y que posean diversas orientaciones y espesores. SYSPLY es utilizado, sobre todo por grandes empresas industriales, entre ellas los fabricantes de equipos de deporte, tales como palos de golf, raquetas de tenis y esquís. Asimismo, en el sector automotriz ha sido utilizado para prever el comportamiento y la resistencia de diversas piezas bajo condiciones críticas, así como para dar solución al diseño de un asiento que, construido a base de nuevos materiales termoplásticos compuestos, resultó particularmente innovador y económico. SYSPLY mejora de manera sustancial el análisis del comportamiento de los productos fabricados con materiales compuestos (fibras de carbono en poliacrilonitrilo, por ejemplo), ofreciendo al usuario la posibilidad de trabajar con los pliegues, en lugar de con los elementos individuales, y visualizando en tres dimensiones las diversas asimetrías, limitaciones y criterios de rotura para cada una de sus capas estratificadas. Asimismo, reduce en forma significativa los tiempos de elaboración de modelos, en tanto que

una vez que el usuario ha especificado gráficamente los distintos estratos, constituidos por un apilado de pliegues definidos por su espesor, tipo de material y orientación de sus fibras, este programa ejecuta de manera automática el modelo de la pieza. 

Para mayor información dirigirse a:
Systus International
Mathieu Perrenou
5330 Carroll Canyon Road, Suite 201,
CA92121, San Diego, California, USA
Correo electrónico: perrenou@cts.com



SYSPLY permite el análisis del comportamiento de los productos en materiales compuestos, ofreciendo al usuario la posibilidad de trabajar con pliegues y no con elementos individuales.

Clairette Ranc

Editora de la revista *Ciencia y Desarrollo*

Reading, Berkshire, 25 de mayo de 1999

Recibí el día de ayer dos ejemplares de *Ciencia y Desarrollo* correspondientes al bimestre mayo/junio de 1999, en donde aparece mi artículo "Concepción y perspectivas del ecoturismo en México". He pasado copia del mismo a las autoridades académicas de esta universidad y están, al igual que yo, sumamente complacidas por ello. Se incluirá esta publicación dentro del catálogo de artículos producidos por estudiantes de posgrado y maestros de nuestro Departamento de Geografía de la Universidad de Reading.

Lo anterior me motiva para seguir colaborando con ustedes en esta labor de divulgación de la ciencia por medio de su revista.

Arturo Carballo Sandoval

The University of Reading

Department of Geography



Cultivo de damiana con riego por goteo.



Macetas con damiana de doble estaca, obtenida de plantas silvestres.



Doctor Armando Reyes Velarde

Director editorial de la revista *Ciencia y Desarrollo*

La Paz, B.C.S., 27 de julio de 1999

Estimado doctor Reyes:

Permítame felicitarlo a usted y a su equipo de trabajo por la difusión de la que considero una de nuestras mejores revistas nacionales.

Con relación al artículo "La damiana, planta afrodisíaca del desierto mexicano, hechos y mitos", publicada en el volumen XXV, número 147 de julio-agosto de 1999, de *Ciencia y Desarrollo*, me permito ampliar los datos con la siguiente información:

Convencidos de la importancia de conservar una planta silvestre de alto valor medicinal, además del recurso genético y las posibilidades socioeconómicas en las zonas semi y áridas de México, investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el Campo Experimental Todos Santos, de Baja California Sur, en 1997 presentaron un proyecto y obtuvieron financiamiento de la Fundación Produce B.C.S., A. C., para establecer 0.5 hectáreas de damiana con riego por goteo, la cual se encuentra en explotación comercial, alcanzando 750 a 850 kg/ha al año de hojas, con dos o tres cortes por año y una densidad de 10 mil plantas/ha; cultivo asociado al neem (planta cuyo fruto es un insecticida usado en agricultura orgánica), en desarrollo desde octubre de 1998.

En enero de 1999, el ingeniero Jorge Kondo L, director en jefe del INIFAP, aprobó 49.9 mil pesos para establecer, en el nivel de huerta madre y comercial, 5.0 ha de damiana con riego por goteo en el citado Campo Experimental, de las cuales, 2.0 ha se plantarán entre octubre y noviembre de este año, contando con 22 mil macetas de doble estaca, obtenida de plantas silvestres, de las cuales, después de tres meses se obtiene hasta el 70% para trasplante, cuya metodología está disponible para los interesados en *Tecnologías llave en mano, división forestal*, páginas 115-116, obra publicada por el INIFAP en 1997.

Jesús Cuevas García

Director de Coordinación y Vinculación del INIFAP en Baja California Sur



Mireia Artís Mercadet, autora del artículo “¿Educación ambiental o alfabetización global?”, realizó los estudios de licenciatura en biología en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, y los de posgrado en genética molecular en la ciudad de París, en filosofía de la ciencia en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), y en 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

Rodrigo Aveldaño Salazar, coautor del artículo “Variedades y producción de semilla en México”, nació en Saltillo, Coahuila, el 30 de junio de 1950. Es ingeniero agrónomo egresado de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, y obtuvo la maestría en ciencias, con especialidad en edafología, por el Colegio de Posgraduados, así como el doctorado en ciencia de suelos por la Universidad de California. Ha sido investigador del Campo Experimental Valle de México, subdirector del Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central, director del Centro de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de Puebla y México, y del Centro de Investigaciones de la Región Centro; en la actualidad funge como director general de la División Agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Asimismo, es miembro del consejo directivo del Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo, y pertenece al Sistema Nacional de Investigadores.

Juan P. Carricart Ganivet, coautor del artículo “El atolón de Clipperton; aspectos históricos y ecológicos”, obtuvo la licenciatura en biología por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), campus Iztacala. Posteriormente realizó la maestría y el doctorado en ciencias, con especialidad en biología, en la Facultad de Ciencias de esta misma casa de estudios; durante los años de 1983 a 1990 ejerció la docencia como profesor de la UNAM en el mismo campus Iztacala y de 1990 a 1995 fue jefe e investigador del Departamento de Biología Marina del Instituto de Investigación Oceanográfica del Golfo y Mar Caribe (DGON-SECMAR). Desde 1996 y hasta la fecha se desempeña como investigador titular “A” en el Departamento de Ecología Acuática de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal, siendo responsable del proyecto denominado Arrecifes coralinos. El doctor Carricart es, asimismo, autor de tres publicaciones naciona-



les y nueve internacionales, todas ellas referentes a los temas de corales pétreos y arrecifes coralinos.

Correo electrónico: jpcarri@xaway.ciqro.conacyt.mx

Alejandro Espinosa Calderón, autor del artículo “Variedades y producción de semilla en México”, nació en Uruapan, Michoacán, el 3 de marzo de 1957. Es ingeniero agrónomo fitomejorador, egresado de la Facultad de Agrobiología Presidente Juárez, maestro en ciencias, con especialidad en genética, y doctor en esta misma disciplina por el Colegio de Posgraduados. Se ha desempeñado como investigador en los campos experimentales de Cotaxtla, Veracruz, y del Valle de México (Cevamex), adscritos al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), institución en la que también fungió como experto de la Red de Tecnología de Semillas, Región Centro. Es autor de diversos artículos publicados y miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel III, y en la actualidad es profesor de tiempo parcial en ingeniería agrícola y colaborador en la cátedra de Investigación de Semillas de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México, así como investigador de producción de semillas en el Cevamex del INIFAP.

Elisa García Barragán, autora del artículo “La ciencia y su reflejo en el arte mexicano”, es doctora en historia, con especialidad en historia del arte. Ha impartido cátedra en diversas dependencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y, como profesora invitada, dictó en 1991 dos cursos sobre arte mexicano en la Universidad de París VIII, Saint Denis, y en 1992 el seminario denominado El pintor como historiador en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Extremadura, en Cáceres, España. Fue directora del Instituto de Investigaciones Estéticas de la UNAM, así como del Museo Nacional de San Carlos del Instituto Nacional de Bellas Artes; desde 1996 es miembro de número de la Academia de Ciencias y Humanística y pertenece a varias asociaciones culturales. Su quehacer primordial es la investigación histórica, la literatura y el arte en nuestro país, principalmente de los siglos XIX y XX, es autora de múltiples libros entre los que destaca *El pintor Juan Cordero. Los días y las obras*, y en la actualidad se desempeña como investigadora de tiempo completo en el Instituto de Investigaciones Estéticas de la UNAM.



A. Yu. Gorbachev, coautor del artículo “Láseres semiconductores. Materiales para su construcción”, nació en Balakova, Rusia, en 1965. En 1989 obtuvo el grado de maestro en ciencias físicas por la

Universidad de Saratov, y en 1994 le fue otorgado el grado de doctor en esta misma disciplina por el Instituto Físico Técnico A.F. Ioffe de San Petersburgo, Rusia. Durante los años de 1986 a 1990 llevó a cabo labor de investigación en dispositivos semiconductores de alta velocidad en la Universidad de Saratov y en el Instituto de Radiofísica de la Academia de Ciencias de Rusia, y de 1991 a 1994 laboró en el Instituto Físico Técnico A.F. Ioffe, donde su trabajo estuvo relacionado con el estudio de soluciones sólidas InGaAsP, que sirven como base para la fabricación de láseres semiconductores de alta potencia. Actualmente funge como investigador en el Instituto de Investigación en Comunicación Óptica de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, abocándose al estudio de dispositivos optoelectrónicos basados en los materiales de los grupos A3 B5.



Alejandro Granados Barba, coautor del artículo Clipperton; aspectos históricos y ecológicos”, obtuvo la licenciatura en biología por la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En esta casa de estudios obtuvo también la maestría en ciencias, con especialidad en biología de sistemas y recursos acuáticos, así como el doctorado en ciencias con la especialidad en biología. Ha publicado en revistas internacionales cuatro artículos como autor y dos como coautor; también colaboró en proyectos de investigación científica y participó en campañas a bordo de buques de investigación oceanográficos. Ha presentado 15 trabajos en congresos nacionales e internacionales y dirigido 11 tesis. Recibió la medalla de plata Gabino Barreda, por sus estudios de maestría y es candidato a Investigador Nacional por el Sistema Nacional de Investigadores.



Iván César Hernández del Castillo, coautor del artículo “Láseres semiconductores. Materiales para su construcción”, nació en Ciudad Valles, San Luis Potosí, en 1964. Realizó sus estudios de licenciatura y maestría en la Universidad de Kishiniov, en la República de Moldavia de la desaparecida URSS, y durante su estancia en esta Universidad se especializó en el crecimiento de cristales por el método de epitaxia en fase líquida. Actualmente realiza su tesis doctoral, relacionada con la fabricación de láseres semiconductores de alta potencia, basados en heteroestructuras de soluciones sólidas cuaternarias InGaAsP, crecidas por el método de epitaxia antes mencionado, con ayuda de una nueva construcción de bote de grafito que garantiza la reproductibilidad de las heteroestructuras láser, en el Instituto de



Investigación en Comunicación Óptica de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Elizabeth Hernández Pérez, autora del artículo “El plomo y sus efectos en la salud”, nació en la ciudad de México el 9 de mayo de 1965. Obtuvo la licenciatura en biología por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, y como becaria del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, la maestría en ciencias por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), institución en la que lleva a cabo sus estudios de doctorado. Ha participado en 20 congresos nacionales e internacionales, es autora y coautora de cuatro trabajos publicados en ediciones internacionales, y en la actualidad se desempeña como profesora titular “A” de tiempo completo en el laboratorio de Fisiología Celular del Departamento de Ciencias de la Salud de la UAM-Iztapalapa.



Alicia Lara Lemus, coautora del artículo “¿Educación ambiental o alfabetización global?”, 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 profesora titular del Departamento de Ciencias de la Salud de la UAM-Iztapalapa, 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

Alfonso Lastras Martínez, coautor del artículo “Láseres semiconductores. Materiales para su construcción”, nació en la ciudad de San Luis Potosí el 20 de julio de 1949. Recibió el grado de físico por la Universidad Autónoma de ese estado (UASLP) en 1971 y posteriormente realizó la maestría y el doctorado en ciencias, con especialidad en ingeniería electrónica, en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional. Durante los años de 1974 y 1975 realizó una estancia como investigador visitante en el Instituto Tecnológico de Tokio, y fue profesor adjunto del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Cinvestav, así como profesor asociado



visitante en la Universidad de Illinois, en Chicago, e investigador del Instituto de Física de la UASLP. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores en el nivel III, así como autor y coautor de 36 artículos de investigación sobre temas de física y electrónica del estado sólido, publicados en revistas de circulación internacional, los cuales han sido citados en más de 300 ocasiones. El doctor Lastras es árbitro de la revista *Thin Solid Films* y fue fundador del Instituto de Investigación en Comunicación Óptica de la UASLP, del que actualmente es director. En 1996 fue galardonado con el premio Francisco Mejía Lira, que otorga la Sociedad Mexicana de Ciencia de Superficies y de Vacío.

Jesús Leyva Ramos, autor del artículo "Las generaciones de computadoras", obtuvo la licenciatura en ingeniería mecánica-eléctrica en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Posteriormente realizó los estudios de maestría y doctorado en esta misma disciplina en el Instituto Tecnológico de California y en la Universidad de Houston, respectivamente. Se ha desempeñado como profesor asociado de la Universidad Iberoamericana, como ingeniero en radiofrecuencias y microondas del Jet Propulsion Laboratory, como profesor visitante en la Universidad de Houston y director de estudios profesionales y de ingeniería en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, campus San Luis Potosí. Asimismo, fue nombrado profesor investigador visitante en las universidades de Brown y de Texas A&M, y en la actualidad es profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, y miembro de las Academias Mexicana de Ciencias y Nacional de Ingeniería, así como del Sistema Nacional de Investigadores.



Correo electrónico: jleyva@deimos.tc.vaslp.mx

Pilar Maynez, autora de la reseña del libro *Visión relaciones indígenas de la conquista*, es licenciada en lengua y literatura hispánicas por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en la que obtuvo mención honorífica. Actualmente es profesora de carrera titular B de tiempo completo definitivo en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Acatlán de la UNAM, donde imparte las materias de teoría lingüística I y II. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, y entre sus libros se pueden citar *Religión y magia; Un problema de transculturación lingüística en la obra de Bernardino de Sahagún, fray Diego Durán, y Una interpretación de la cosmovisión mexicana*. Fue acreedora al Premio Tepuztlahcuillo, que otorga el Instituto Mexiquense de Cultura, y en 1998 la distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos, en el área de investigación en humanidades.



Viatcheslav A. Mishournyi, autor del artículo "Láseres semiconductores. Materiales para su construcción", nació en Moscú en 1944. En 1975 recibió el grado de candidato a doctor en ciencias físicas por el Instituto Físico-Técnico A.F. Ioffe, de Leningrado, hoy San Petersburgo, institución que en 1990 le otorgó el grado de doctor en ciencias, y donde entre 1991 y 1994 fungió como subdirector del Departamento de Electrónica del Estado Sólido. Fue profesor de la Universidad Politécnica desde 1988 hasta 1994, año en que se incorporó al Instituto de Investigación en Comunicación Óptica de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, mediante una beca patrimonial otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. El doctor Mishournyi es autor de más de 100 publicaciones científicas, además de 20 patentes.



Federico Páez Osuna, autor del artículo "Contaminación por metales en las costas de México", nació en El Fuerte, Sinaloa, el primero de septiembre de 1955. Realizó sus estudios de ingeniería bioquímica en la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) y posteriormente obtuvo la maestría en ciencias del mar por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), estudios por los que fue galardonado con la medalla Gabino Barreda. Asimismo, realizó el doctorado en esta misma disciplina, y recibió mención honorífica y diploma de aprovechamiento. Durante 20 años ha desempeñado la docencia en la Facultad de Ciencias Químico-Biológicas de la UAS, en el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (Cicimar) del Instituto Politécnico Nacional y en la Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado (UACPyP) del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM. Es Investigador titular "C" definitivo del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML), perteneciente a nuestra máxima casa de estudios, y sus líneas de investigación abarcan temas tales como la geoquímica ambiental, la oceanografía química y biológica, y la contaminación marina. El doctor Páez ha desempeñado una labor importante como árbitro académico, tanto en publicaciones de circulación nacional e internacional como en diversas instituciones, y como parte de esta actividad destaca el ser miembro de la Comisión Evaluadora del ICML, del Comité de Evaluación del Sistema de Investigación del Mar de Cortés y de la Cartera de Evaluadores del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, así como experto del Organismo Internacional de Energía Atómica. Además, es autor de 65 artículos científicos, así como de un libro y cinco capítulos en otras obras científicas. Ha efectuado 60 presentaciones en congresos y se le ha citado en más de 260 ocasiones.



Correo electrónico: paezos@servidor.unam.mx

Héctor Reyes Bonilla, autor del artículo “El atolón de Clipperton; aspectos históricos y ecológicos”, obtuvo la licenciatura en biología marina por la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS); posteriormente, como becario del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología obtuvo la maestría en ciencias, con la especialidad en ecología marina, en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, y desde 1987 se desempeña como profesor en la UABCS, impartiendo los cursos de evolución, genética y ecología. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, en la categoría de candidato a investigador nacional; actualmente dirige diversos proyectos en la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, y en el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C, entre otras instituciones. Ha publicado 15 libros nacionales y 10 internacionales sobre corales pétreos y arrecifes de coral.



anélidos poliquetos, sistemática y ecología, ecología béntica (invertebrados) y manejo de zonas costeras. Ha publicado 48 artículos en revistas nacionales e internacionales y ha participado en 86 congresos. También cuenta con amplia experiencia en cruceros oceanográficos y por lo menos en 24 de ellos ha sido la responsable del proyecto de investigación. Ha dirigido 24 tesis de licenciatura, maestría y doctorado, y pertenece al Sistema Nacional de Investigadores. Actualmente es Investigadora Titular “B” de tiempo completo en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM y, desde 1993, miembro de la Academia Mexicana de Ciencias.

María J. Rodríguez Shadow, autora de la reseña del libro *Astronomy through the Ages. The Story of the Human Attempt to Understand the Universe*, nació el 7 de junio de 1952 en Nueva Italia, Michoacán. Obtuvo la licenciatura en arqueología por la Escuela Nacional de Antropología e Historia, y posteriormente, como becaria del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, la maestría en estudios sobre los Estados Unidos en la Universidad de las Américas, Puebla, y el doctorado en antropología en la Universidad Nacional Autónoma de México; asimismo, llevó a cabo una especialidad en estudios de la mujer en la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, y fue becaria del Programa Interdisciplinario de Estudios de la Mujer, de El Colegio de México. Durante más de 20 años se ha desempeñado como investigadora del Instituto Nacional de Antropología e Historia y es autora de dos libros, 22 reseñas, 17 capítulos en libros, 46 artículos, y cocompiladora de otro libro más.



Alfredo Tapia Naranjo, coautor del artículo “Variedades y producción de semilla en México” nació en la ciudad de San Luis Potosí el 3 de mayo de 1953. Es ingeniero agrónomo egresado de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y obtuvo la maestría en ciencias, con especialidad en desarrollo rural por el Colegio de Posgraduados, así como el doctorado en economía, con especialidad en ciencia y tecnología, por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Durante los años de 1978 a 1980 fungió como asesor técnico de la Secretaría de Agricultura Ganadería y Recursos Hidráulicos, y en 1981 se incorporó al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, institución en la que se ha desempeñado como investigador y líder nacional del Programa de Transferencia de Tecnología y experto regional de la Red de Innovación Tecnológica; en la actualidad funge como director del INIFAP en el estado de Querétaro. El doctor Tapia es miembro del consejo asesor del Sistema de Investigación Miguel Hidalgo, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, y ha sido merecedor de diversos premios entre los que destaca el del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro, en el área de Recursos Naturales, en 1988.



Correo electrónico: rshadow@mail.udlap.mx

Vivianne Solís Weiss, coautora del artículo “El atolón de Clipperton; aspectos históricos y ecológicos”, obtuvo la licenciatura en biología por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y posteriormente, como becaria del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, realizó la maestría y el doctorado en el Centro de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM y en el Weizmann Institute of Science, respectivamente. Se ha especializado en las áreas de biología de



La revista *Ciencia y Desarrollo* tiene como objetivo central difundir a través de sus páginas la pertinencia y utilidad social del conocimiento científico y tecnológico. Esta publicación está dirigida a un público interesado en acrecentar sus conocimientos y en fortalecer su perfil cultural con elementos propios de la ciencia y de la tecnología. En ella se incluirán artículos sobre diversos aspectos del conocimiento, además de ensayos, reportajes, reseñas bibliográficas y noticias sobre el acontecer de la ciencia tanto nacional como internacional.

Se invita a los integrantes de la comunidad académica a enviar colaboraciones, las cuales serán parte fundamental de la revista. Estas podrán versar sobre temas científicos o humanísticos y deberán estar escritas en un lenguaje claro, didáctico y que resulte accesible para un público con estudios mínimos de bachillerato.

MECANISMO EDITORIAL

Las colaboraciones propuestas serán evaluadas por expertos en la materia. Los criterios preponderantes que se aplicarán para decidir sobre la publicación de todo texto serán la calidad y precisión de la información, el interés general del tema expuesto y el lenguaje comprensible y claro que se utilice en la redacción del mismo.

En los casos de textos que necesiten corrección –de acuerdo con las observaciones hechas por los evaluadores–, los autores podrán enviar una versión corregida de éstos, en la que plasmen las modificaciones que se señalan en la evaluación.

Presentación de manuscritos

Las colaboraciones deberán presentarse por duplicado y cumplir con los requisitos que a continuación se mencionan:

- a) Los textos deberán tener una extensión mínima de seis cuartillas y como máximo alcanzarán 10, incluidas en ellas las referencias y la bibliografía. Todas las páginas deberán estar numeradas, incluyendo la carátula. Si se trata de una reseña bibliográfica, ésta no deberá exceder la cuartilla y media, siguiendo la presentación que aparece en el inciso d).
- b) La carátula deberá registrar el título del artículo, el cual no excederá de cuatro palabras, el nombre del autor o autores, el de sus instituciones y departamentos de adscripción, con las direcciones postales y electrónicas, así como los números telefónicos y de fax que correspondan.
- c) Deberá enviarse un resumen curricular –no mayor de media cuartilla (14 líneas)–, en el que se incluyan los siguientes datos: nombre, lugar y fecha de nacimiento, estudios y experiencia profesional, artículos, publicaciones, distinciones (lo más relevante), apoyos recibidos por el Conacyt (becas, proyectos de investigación, relación con el SNI), así como su fotografía tamaño infantil, de preferencia a color. Dicha información se utilizará para conformar la sección de NUESTROS AUTORES.
- d) El texto deberá ser enviado en hoja tamaño carta, a doble espacio, incluyendo las referencias y la bibliografía, con el margen izquierdo de 3 cm y el derecho de 2, acompañado, de ser posible por el archivo en un disquette de 3.5 para computadora, realizado en cualesquiera de los programas más comunes de procesamiento de textos. La cuartilla constará de 27 líneas, sin división silábica, y se utilizará de preferencia el tipo Times New Roman de 12 puntos. Los párrafos no llevarán espacio entre ellos, salvo en los casos del título y los subtítulos.
- e) Los términos técnicos que aparezcan en el texto deberán explicarse claramente en la primera mención, al igual que las abreviaturas. Se evitará, asimismo, el uso de fórmulas y ecuaciones. En el caso de que éstas deban utilizarse, se buscará aclarar –de la manera más didáctica posible– su significado.
- f) El número máximo de referencias será de cinco. En caso de que un artículo lo exceda, *Ciencia y Desarrollo* sólo publicará cinco citas a juicio del editor.
- g) Se recomienda acompañar el texto con una bibliografía complementaria de cinco fichas como máximo. En caso de que este número se rebase, el editor seleccionará los títulos que a su juicio más convengan. La bibliografía se colocará al final del artículo, y deberá aparecer numerada para facilitar su señalamiento con superíndices en el texto cuando se considere necesario. Las fichas bibliográficas deberán contener los siguientes datos: autores o editores, título del artículo, nombre del libro o de la revista, lugar, empresa editorial, año de la publicación, volumen y número de páginas.
- h) La inclusión de gráficas o cuadros se realizará sólo en aquellos casos en los que la presentación de datos sea de particular importancia para la comprensión o ilustración del texto y se limitará a dos, ya sea un cuadro y una gráfica, dos cuadros o dos gráficas.
- i) Todo artículo se presentará acompañado de seis ilustraciones que podrán utilizarse como complemento informativo o estético para el texto; no obstante, el número y la pertinencia de éstas serán objeto de consideración editorial. Las imágenes en color deberán enviarse en diapositivas de alta calidad y las fotografías en blanco y negro, como impresiones fotográficas en papel brillante de alto contraste. En una hoja aparte, deberán enviarse los pies de fotografía, cuyo contenido no deberá exceder de tres líneas, identificando con claridad las correspondencias, así como los créditos respectivos cuando no sean propios de los autores.
- j) Los manuscritos pueden enviarse para consideración editorial a:

Clairette Ranc Enríquez

Editora

Ciencia y Desarrollo

Av Constituyentes 1054, 2o. piso

Col Lomas Altas

11950 México, D.F.

Tel: 327-7400, ext. 7723 y 7724; fax: 327-7400, ext. 7723

PREMIO CANIFARMA 1999

La Cámara Nacional de la
Industria Farmacéutica

CONVOCA

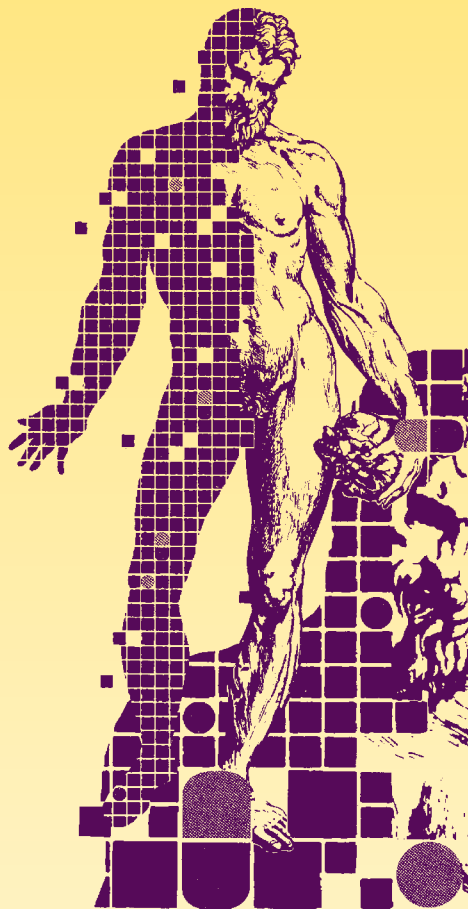
a los investigadores que realizan

Investigación básica

o tecnológica

sobre medicamentos de uso

humano a participar en el



PREMIO CANIFARMA 1999

DE APOYO A LA INVESTIGACION Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO

- El premio se otorgará al mejor trabajo de investigación en ciencias farmacéuticas, químicas y biomédicas, relacionado con los medicamentos de uso humano.
- El ganador del mejor trabajo de *investigación básica* y del mejor trabajo de *investigación tecnológica*, se hará acreedor a \$ 50,000.00 en efectivo en cada caso y un diploma.
- La fecha límite para el registro es el 12 de noviembre de 1999.

Mayores informes:



CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA FARMACEUTICA

Av. Cuauhtémoc No. 1481 Col. Santa Cruz Atoyac México, D.F. C.P. 03310

Tels. 56-88-95-30 56-88-94-77 Fax. 56-88-97-04

E-mail: canifarma@solar.sar.net Web: www.canifarma.org.mx

CIENCIA y DESARROLLO

PROMOCION

Adquiera una suscripción y reciba
un número adicional de
nuestra revista

CUPON DE SUSCRIPCION

Agradeceremos anexe sus datos que
nos orientarán para darle un mejor servicio:

Nombre

Compañía o Institución

Calle y número

Colonia

Código Postal

Ciudad

País

Teléfono

Fax

Firma

Fecha

Suscripción anual:

México
América, Centroamérica y el Caribe
Sudamérica y Europa
Resto del mundo

Suscripción
\$ 120.00 M.N.
42,00 Dls.
50.00 Dls.
60.00 Dls.

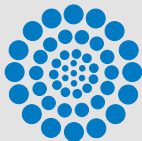
Envío



Cheque



Giro postal a nombre
de Conacyt



CONACYT

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Revista *Ciencia y
Desarrollo*
Av. Constituyentes 1054
1er. piso
11950 México, D.F.