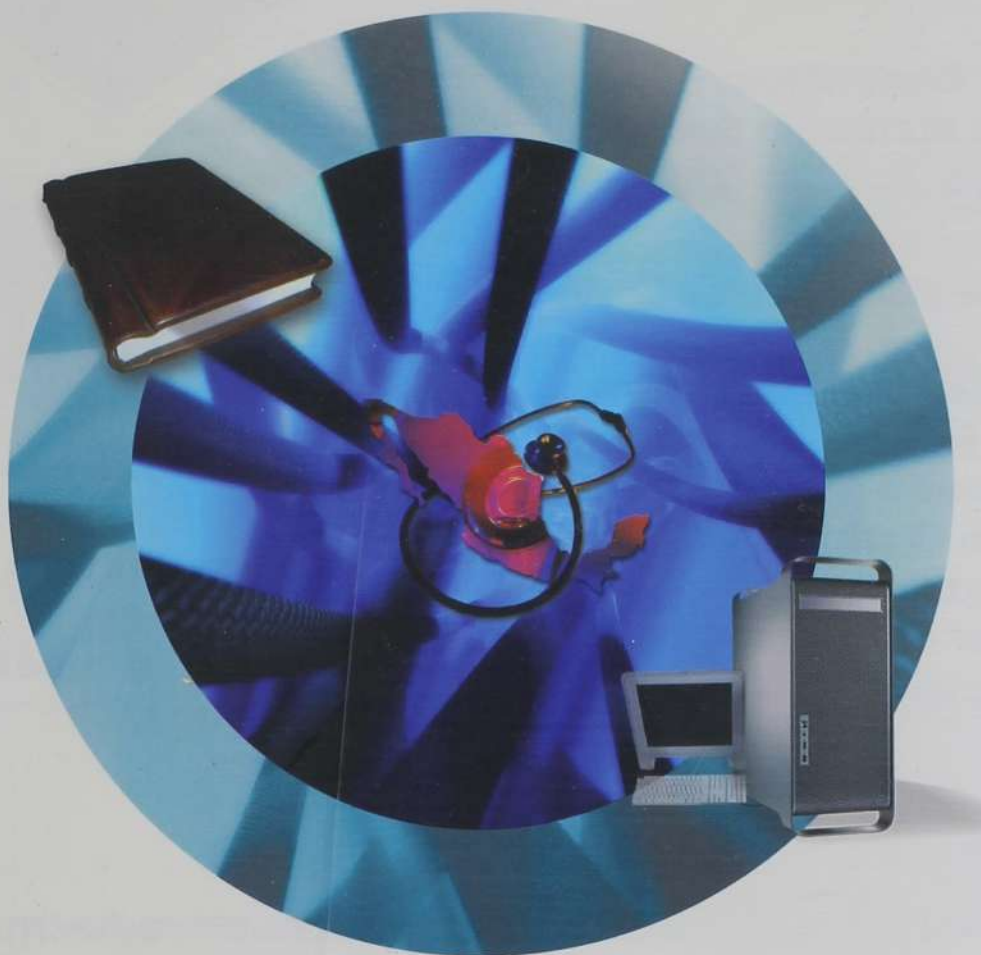


avance y PERSPECTIVA

ÓRGANO DE DIFUSIÓN DEL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS



*La influencia de la tecnología
en la calidad de vida*

Volumen 24, Núm. 4, octubre-diciembre de 2005 México ISSN 0185-1411





International School on Vibrational Spectroscopies: Theory and Applications

ISVS - / CINVESTAV, Unidad Querétaro, México
March 19-22, 2006

Scientific Committee:

Prof. Aldo Humberto Romero

Prof. Sergio Jiménez Sandoval

Invited Speakers

Prof. Manuel Cardona, Germany

Dr. Jorge Serrano, France

Prof. Alejandro Fainstein, Argentina

Prof. Robin Clark, England

Prof. Michael Chen, Canada

Prof. Xavier Gonze, Belgium

Prof. Isaac Hernández, Mexico

Abstracts Deadline: January 31, 2006

Partial Support for Students is available

Information and application forms: www.qro.cinvestav.mx/~isvs
school2006@qro.cinvestav.mx

Topics:

Inelastic X-ray Scattering

Raman Spectroscopy

Vibrational DFT

Infrared Spectroscopy

Applications on:

Semiconductors

Archaeology

Disordered media

Medicine

Biology

Sponsors





Cinvestav



Las imágenes incluidas en cada artículo son responsabilidad de sus autores.

Portada

Ilustración, Apolinar Ríos.

Avance y Perspectiva, órgano de difusión del Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav), es una revista trimestral que publica artículos de divulgación y notas sobre avances científicos y tecnológicos. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. La reproducción parcial o total del material publicado sólo será posible siempre que se cite la fuente. La edición correspondiente a octubre-diciembre de 2005, volumen 24, número 4, se terminó de imprimir en diciembre de 2005. Tiraje: 5,000 ejemplares. Certificado de Reserva de Derechos de Autor 04-1985-00000000577-102, expedido por la Dirección General del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Certificado de Licitud de Contenidos 1001 y Certificado de Licitud de Título 1728, otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. ISSN 0185-1411. *Negativos, impresión y encuadernación:* Gama Sucesores S.A. de C.V., Ingenieros Civiles 94, Delegación Iztapalapa, C.P. 09420, México, D.F. *Avance y Perspectiva*, Av. Instituto Politécnico Nacional 2508, Colonia San Pedro Zacatenco, 07360, México, D.F. <http://www.cinvestav.mx/publicaciones>.

CINVESTAV

Rosalinda Contreras Theurel
Directora General

José Mustre de León
Secretario Académico

Luis Alfonso Torres Gómez
Secretario de Planeación

Víctor Gabriel Gutiérrez Lugo
Secretario Administrativo

AVANCE Y PERSPECTIVA

Luz Manuel Santos Trigo
Director editorial

Jania Argüelles Castro
Jefa de Difusión

Luisa Bonilla
Apoyo editorial

María Barbieri
Corrección de estilo

Ricardo Salas § Frontespizio
Begoña Sáinz
Diseño y cuidado de la edición

Josefina Miranda López
María Gabriela Reyna López
Asistencia editorial

Suscripciones y Distribución:
avance@cinvestav.mx
T/F (55) 50 61 33 71

CONSEJO EDITORIAL

Marcelino Cerejido Mattioli
Fisiología

Carlos Coello Coello
Sección de Computación

Antonio Fernández Fuentes
Unidad Saltillo

Eugenio Frixione Garduño
Sección de Metodología y Teoría de la Ciencia

Gabriel López Castro
Física

Luis Enrique Moreno Armella
Matemática Educativa

José Luis Naredo Villagrán
Unidad Querétaro

Rodrigo Tarkus Patiño Díaz
Unidad Mérida

Ángeles Paz Sandoval
Química

Betzabet Quintanilla Vega
Sección Externa de Toxicología

Eduardo Remedi Alione
Investigaciones Educativas

Arturo Sánchez Carmona
Unidad Guadalajara



Cinvestav

SUMARIO

AVANCE Y PERSPECTIVA

Presentación editorial 4

Luz Manuel Santos

Nature Medicine 8

Carlos Imaz

Participación comunitaria y educación ambiental
para la construcción de una cultura ambiental responsable 12

María Dolores Viga

Federico Dickinson

María Teresa Castillo

La nueva electrónica 22

Federico Sandoval-Ibarra

Difusión, transporte, movilidad y todo eso: 28

El mundo estocástico de Einstein

Aldo H. Romero

José Luis Naredo V

Influencia de las telecomunicaciones en el progreso 38

y la calidad de vida

Jorge Suárez

Las glaciaciones, el dióxido de carbono y el calentamiento global 46

Martín Medina-Elizalde

La Unidad Mérida del Cinvestav: 25 años de historia 56

Federico Dickinson

Iván Oliva

Miguel Ángel Olvera

Rodrigo Patiño

Entrevista con el investigador Guillermo Contreras 68

Rodrigo Patiño

RESEÑA 74

NOTICIAS DEL CINVESTAV 76



Crédito de foto: Archivo Cinvestav.

LA REVISTA *NATURE MEDICINE*, EN SU VOLUMEN 11, NÚMERO 9, SEPTIEMBRE 2005, aborda en su editorial diversos temas relacionados con el reclamo de la comunidad científica mexicana para lograr más presupuesto para investigación, tipos, formas y productos de investigación, la relación de la investigación con la industria, el discurso que los científicos utilizan para exigir el apoyo a las instancias gubernamentales y los compromisos del quehacer científico ante la sociedad.¹ De manera general se contrastan aspectos de la investigación científica en EUA y México.

Nos interesa identificar algunas preguntas que ahí se abordan con la intención de continuar la reflexión e invitar a la comunidad a opinar acerca de elementos relevantes en el trabajo científico. Es importante mencionar que el contexto del editorial son las ciencias biológicas y de la salud, pero consideramos que la reflexión puede extenderse a otros campos, y por ello proponemos profundizar el análisis sobre los siguientes aspectos.

- **Sobre el presupuesto.** ¿Cómo se puede comparar el presupuesto de 2005 para investigación asignado por Conacyt, de 800,000 dólares, con el que EUA asignó a los Institutos de Salud de ese país, de 28,000 millones dólares? ¿Cuántos investigadores existen en cada uno de esos países? ¿Cuántos investigadores de esos países reciben apoyos por parte del gobierno? ¿Es proporcional al presupuesto asignado el número de investigadores en ambos países? ¿Cuánto de esos presupuestos proviene de fuentes distintas de las gubernamentales?

- **Sobre la productividad científica.** ¿Cómo son las condiciones de trabajo de los científicos mexicanos comparadas con las de EUA? ¿Cómo son los equipos y laboratorios en ambos países? ¿Quiénes participan en los proyectos de investigación además del investigador principal? ¿Cuál es el papel de los programas de posdoctorados en el desarrollo de la investigación? ¿Cómo se compara el volumen de la producción científica en ambos países? ¿Qué condiciones ofrece cada uno de esos países para atraer candidatos (nacionales y extranjeros) a realizar investigación posdoctoral?

• **Sobre la originalidad de los proyectos de investigación.** ¿Cuán originales son los proyectos de investigación en ambos países? ¿Se responden preguntas originales o se intenta dar evidencias o sustentar que las observaciones hechas por otros son verdaderas? ¿A qué nivel se fomenta la creatividad e innovación en la investigación? ¿Cuál es el papel o cómo se relacionan los sistemas de evaluación con el tipo de investigación que se realiza?

• **Sobre la aplicabilidad de los resultados.** ¿A qué nivel el quehacer científico conduce al desarrollo de una patente o aplicación clínica? ¿A qué nivel la comunidad científica, en ambos países, se interesa por la aplicación de los resultados? ¿A qué nivel los productos científicos generan beneficios económicos para las instituciones? ¿Cómo son las relaciones entre la academia y la industria en ambos países? ¿Cuál es la relación entre la investigación básica y la generación de tecnología, y cómo se manifiesta en ambos países?

• **Sobre la rendición de cuentas.** ¿Quién debe evaluar la trascendencia de los resultados de investigación? ¿Cuál es el papel de la sociedad en esta evaluación? ¿Cómo debe sustentar sus reclamos por más presupuesto al gobierno la comunidad científica, con qué discurso? ¿Cómo debe informar a la sociedad para que ésta entienda y apoye las demandas de los científicos?

En la discusión sobre esas preguntas emerge el tema relacionado con las reformas o transformaciones que la comunidad científica debe incorporar de acuerdo con los desarrollos y las necesidades de la sociedad.

Kirwan² planteó hace cinco años, como presidente de la Universidad de Ohio, que los departamentos de matemáticas en EUA deberían realizar cambios de acuerdo con los problemas y avances de la sociedad. Entre los cambios proponía:

• Reajustar el currículum, en el ámbito universitario y de posgrado, destacando el aprendizaje activo en todos los niveles y ubicando el estudio de las matemáticas en términos de las conexiones con otras disciplinas.

- Desarrollar programas de estudio junto con otros departamentos (trabajo interdisciplinario).
- Participar, como departamento, en la formación de profesores de matemáticas a nivel preuniversitario y contribuir en las reformas del currículum a este nivel.
- Relacionar los cambios en las oportunidades de trabajo de los egresados (más allá de la academia) con las necesidades de la disciplina.
- Establecer programas para atraer estudiantes.

Las recomendaciones de Kirwan reflejan la importancia de responder y ajustar la formación del matemático a los cambios constantes de la sociedad. En este contexto, conviene preguntarnos: ¿A qué nivel, en la comunidad científica nacional, los programas académicos son sensibles y se ajustan de acuerdo con los desarrollos del país y del contexto internacional?

Los temas que se abordan en el editorial de *Nature Medicine* reflejan la importancia de reflexionar sobre la naturaleza del quehacer científico y su desarrollo, la comunidad científica no puede estar al margen de esta reflexión y *Avance y Perspectiva* puede ser un vehículo para intercambiar y comunicar experiencias en esta dirección.

En este número de nuestra revista desarrollamos temas que reflejan el interés de la comunidad científica por identificar y hacer visible la conexión entre los avances y desarrollos de la tecnología y el medioambiente. Además, se explica el “movimiento browniano”, artículo en el que se incluyen datos sobre la vida de Einstein. En otro trabajo se presenta un panorama del origen y las áreas de trabajo de la Unidad Mérida.

Finalmente, *Avance y Perspectiva* invita a la comunidad del **Cinvestav** a participar en la construcción de una identidad propia de la revista, que permita identificarla como un órgano importante de la institución. El comité editorial ha comenzado a trabajar en esta dirección y está preparando una versión electrónica de la revista que posibilite el tratamiento



Crédito de foto: Archivo Cinvestav.

de los temas de manera flexible, actual y dinámica. Por ello, son bienvenidos todos los comentarios y las sugerencias que quieran hacernos llegar, pues ayudarán a plasmar mejor la identidad de nuestra revista.

NOTAS

¹ <http://www.nature.com/naturemedicine>

² Mathematics department in the 21st Century: Role, Relevance and Responsibility, The James Leitzel Memorial Lecture at MathFests, Universidad de California, Los Ángeles, Agosto 4, 2000.



Crédito de fotos: Archivo Cinvestav.

SOBRE EL EDITORIAL DE *NATURE MEDICINE*

CARLOS IMAZ

RECIENTEMENTE, LA PRESTIGIOSA REVISTA *NATURE MEDICINE* (11, 2005) publicó en su sección editorial un breve escrito titulado “*Physician, heal thyself*”, en el cual se hacen algunas observaciones acerca del quehacer científico en México. Por la naturaleza de la revista no es de extrañar que el referente sea básicamente el área de Biomédicas, y que se pretenda extrapolar los comentarios a los países que el editorial identifica como de “*economía emergente*”.

Lo que sí ha llamado poderosamente mi atención es la vehemente reacción que el referido texto generó entre algunos científicos de nuestro país, como si les hubieran tronado un petardo bajo la mesa.

Deseo, en lo que sigue, presentar de forma muy resumida algunas de las consideraciones que se hacen en el editorial, así como algunas de las reacciones locales, para finalizar con comentarios de mi propia cosecha. El lector más inquisitivo puede acceder vía Internet al mentado editorial y sus secuelas, tal como hizo quien esto escribe.

El editorial se inicia con el comentario de que un discurso como: “*El señor Presidente [de México] es un ranchero, ignorante de la forma en que se hace ciencia. Para él es prácticamente imposible comprender el papel que ésta juega en la cultura del país*”, atribuido en un periódico nacional a un ex presidente de la Academia Mexicana de Ciencias, no es la manera más recomendable de gestionar incrementos a la inversión oficial para la ciencia. De hecho, el editorial termina sugiriendo que: “*Esta estrategia debe dar lugar a un nuevo discurso sobre innovaciones y beneficios, que pueda ser entendido hasta por un ranchero*”.

A mí no me queda claro si esta última referencia campirana es al presidente de México o al de Estados Unidos. Y en el intermedio de esos comentarios se señala que, mirando bien las cosas, entre México y Estados Unidos los presupuestos para la ciencia, así como el dinero disponible por científico, son equiparables. Y que también son equiparables los equipamientos de laboratorios de instituciones de investigación y más favorable aún para México si la comparación se hace con Europa. Siendo así las cosas, se pregunta en el editorial: “*¿Por qué existe tanta diferencia en cuanto a la producción científica per cápita, tanto*



Nature Medicine, vol. II, núm. 9, sep., 2005.



Son equiparables los equipamientos de laboratorio de instituciones de investigación y más favorable aún para México si la comparación se hace con Europa.

en volumen como en impacto, entre México y Estados Unidos?”.

Las explicaciones que se ofrecen al respecto son en esencia dos. La primera está basada en un intrincado argumento, que no he podido descifrar a satisfacción, sobre la eficacia mayor o menor que se tiene en la utilización de los posdoctorados como soporte básico de la investigación. La segunda se refiere a la falta de originalidad de la mayoría de los proyectos que reciben subsidios, proyectos que no se plantean preguntas originales y que más bien tienden a ser corroborativos de las observaciones hechas por otros, situación que el editorial denomina como la ciencia del “yo también”. Esto último debido, en parte, según se argumenta, a una franca hostilidad de los científicos mexicanos hacia la ciencia aplicada.

Hasta aquí este sucinto resumen, pasemos ahora a algunas de las reacciones nacionales. Me he tomado la libertad de clasificar todas esas reacciones en tres categorías: patrióticas, acríicas y reactivas.

Las primeras van desde la opinión de que los “gringos” nada tienen que decirnos sobre política científica, pasando por la duda de que se interesen por problemas de México y lean la prensa mexicana, llegando inclusive a la exteriorización de suspicacias sobre quiénes son los verdaderos propiciadores de semejantes “ataques”. Entre los sospechosos favoritos se citan al Conacyt y a la SEP. Estas reacciones parecen no tomar en cuenta,

para nada, el hecho, quizá desconocido, de que el editor en jefe de la revista *Nature Medicine* es un mexicano egresado de la UNAM. Otra reacción dentro de esta categoría se concreta con la “rígurosa demostración”, vía malabarismos numéricos, del “hecho” de que los científicos mexicanos son más originales que los argentinos o los brasileños, si bien no lo son más que los norteamericanos, cuestión, esta última, explicada (?) por la superioridad numérica de éstos.

La reacción típica de la segunda categoría es el comentario en el sentido de que el editorial “tiene bastante de razón”, que generalmente es exteriorizada por personas que trabajan áreas ajenas a la Biomédica y que, por lo tanto, no se ponen el saco, como vulgarmente se dice.

Las últimas, las reactivas, son del estilo: “ciertamente la investigación en México carece de originalidad, pero esto se debe a los anticuados métodos de evaluación del Sistema Nacional de Investigadores (SNI)”. Vaya uno a saber cuáles son los métodos modernos de evaluación, que no produzcan ese indeseado tipo, y muchos otros, de secuelas. O bien, señalar como problemas, que la relación entre academia e industria, así como la transferencia de tecnología en México, se encuentran, siendo optimistas, en etapa de andadera.

Dentro del muy manoseado discurso académico-burocrático-político que suele hacerse respecto al rol social de la ciencia se incluye su



Los científicos mexicanos son más originales que los argentinos o los brasileños, si bien no lo son más que los norteamericanos, cuestión explicada por la superioridad numérica de estos últimos.

función como bisagra para abrir la puerta hacia el desarrollo y el crecimiento económico, hacia el bienestar social, etc. Si bien esto puede ser cierto se nos olvida, generalmente, que la obra completa tiene muchos más actores que son tanto o más importantes. Por ejemplo, de qué nos sirven, en este contexto, muchas investigaciones originales si la capacidad empresarial en el país no pasa más allá del conocido binomio: "compra barato-vende caro", por más disfrazada que se encuentre con tecnología de punta, ésta, desde luego, importada de los países ya emergidos y, supuestamente, más barata. Y que algo muy similar sucede con los programas y proyectos gubernamentales, de todos los niveles.

Lo que me queda diáfano es claro es que abordar estas problemáticas no es tarea del mundo académico y, en consecuencia, es altamente riesgoso que estemos hipotecando nuestro destino ofreciendo ese rol de bisagra como garantía.

Por otro lado, pero estrechamente ligado a esta situación, está nuestro "bienamado" SNI, cuyos logros más notorios son: 1) que nuestros investigadores hagan cada vez más ciencia del tipo "yo también", pero además por episodios; 2) crear tensiones, generar falsas motivaciones y trabajo burocrático que en nada propician el desarrollo de los ámbitos académicos (una motivación falsa muy típica es: "debo publicar algún artículo, pues se acerca el periodo de evaluación del SNI"),

3) lograr que algunos académicos alcancen emolumentos vitalicios de categoría política, convirtiéndolos en apasionados defensores del sistemita, en lugar de privilegiar el incentivo a los jóvenes y el desarrollo de nuevos polos y temas de investigación.

No se piense que el que escribe es de los acrílicos por ser matemático, nuestra área se encuentra llena de investigadores del género "yo también", a pesar de que no es por esencia de tipo experimental. Desde luego que hay más de esos "logros", pero me conformo con citar tres, ya que tres son los elementos de la Santísima Trinidad y tres las categorías del SNI.

Según nos han informado, la revista *Nature Medicine* piensa darle difusión a algunas de esas reacciones que hemos mencionado, que de manera natural son respuestas a su editorial. Esperaremos. Pero, amable lector, ¿cuál es su opinión?



The forest is a complex network of trees and plants, creating a dense canopy. The people are engaged in some form of activity, possibly related to the forest's resources. The image captures a moment of human interaction with a natural environment.

PARTICIPACIÓN COMUNITARIA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CULTURA AMBIENTAL RESPONSABLE

MARÍA DOLORES VIGA
FEDERICO DICKINSON
MARÍA TERESA CASTILLO

EN ESTE ARTÍCULO ANALIZAMOS LA IMPORTANCIA DE LA PARTICIPACIÓN COMUNITARIA y la educación ambiental para la construcción de una cultura ambiental responsable. Con ese fin nos planteamos dos preguntas: ¿por qué el control ambiental y la conservación? y ¿qué se ha hecho en México para regular el uso, el manejo y la conservación de los recursos naturales? La primera nos ayuda a comprender el problema de la relación entre población y medioambiente, la segunda a ubicar en un contexto internacional y nacional a la gestión ambiental.

Posteriormente, destacamos la participación comunitaria, mostrando uno de los caminos a seguir para que la educación ambiental contribuya a la generación de una cultura ambiental autónoma, que se refleje en conductas ambientales responsables.

¿POR QUÉ EL CONTROL AMBIENTAL Y LA CONSERVACIÓN?

Muchas y constantes han sido las preocupaciones y los debates entre científicos, políticos, economistas, educadores y la sociedad en general sobre el acelerado crecimiento de la población humana, la cual demanda comida, vestido, vivienda y diversión. Esto genera presiones sobre los recursos naturales que nuestro planeta alberga, preocupaciones que han sido plasmadas en numerosos estudios, seminarios, conferencias, planes, programas y foros nacionales e internacionales.

En 1972, en Estocolmo, en un Simposio sobre Población, Recursos y Medioambiente, convocada por la ONU y el gobierno de Suecia, se manifestó abiertamente la preocupación por los cambios producidos debido a los asentamientos humanos y la urbanización, así como por sus profundas implicaciones en los medios social y físico, destacando la



Fotos: Ma. Dolores Viga y Laboratorio de Hidrología del Cinvestav.

La Dra. María Dolores Viga de Alva es auxiliar de investigación del Departamento de Ecología Humana, Unidad Mérida.

Su correo electrónico es: dviga@mda.cinvestav.mx

El Dr. Federico Dickinson Bannack es jefe del Departamento de Ecología Humana, Unidad Mérida.

Su correo electrónico es: dickinso@mda.cinvestav.mx

La Dra. María Teresa Castillo Burguete es investigadora titular del Departamento de Ecología Humana, Unidad Mérida.

Su correo electrónico es: castillo@mda.cinvestav.mx



El origen de los problemas ambientales es fundamentalmente de tipo social.

necesidad de promover una adecuada administración de los recursos de la tierra para producir alimentos.

En la actualidad esta preocupación continúa, pero los métodos para estudiar y comprender la relación entre la población y el medioambiente han sido más sofisticados y críticos. Los cambios demográficos han sido atribuidos principalmente a variables como fertilidad, mortalidad, migración, sexo, edad, condiciones sociales (estatus marital, nivel educativo, participación en la fuerza productiva, lugar de residencia). Desde luego hay factores ambientales que por sí mismos desempeñan un papel relevante. El acceso a los recursos de subsistencia y las relaciones de género y poder, han sido identificados también como factores importantes por su influencia en el crecimiento demográfico, pero no estudiados con la amplitud y profundidad necesarias.

El acelerado crecimiento demográfico de la población mundial fue señalado con inquietud por Harding en *"The Tragedy of the Commons a finales de la década de los sesenta"*, en la revista *Nature*, suscitando gran polémica por dos de las premisas básicas planteadas y que aún constituyen una gran preocupación: 1) que la supervivencia de los organismos requiere de una fuente de energía o alimentos mínima, y 2) que el mundo es finito y por ello sólo puede soportar una población humana infinita.¹

Por otra parte, existen estudios que calculan la máxima capacidad de carga del planeta para el último tercio del siglo xx, pero debido a los múltiples

factores que influyen en este fenómeno y a las premisas básicas de las cuales surgen los cálculos no se cumplieron las predicciones de que sólo podría dar de comer a un máximo de seis billones de habitantes hasta 1993.² Actualmente la población mundial supera esa cifra por más de 360 millones.³

La estructura del nuevo orden político y económico del mundo mantiene una estrecha relación con la base de recursos del planeta y las tendencias del crecimiento demográfico. Por esto, independientemente de las políticas de desarrollo adoptadas por las naciones, es de vital importancia tener claro que cualquier unidad social que se plantee la supervivencia requerirá balancear el número de individuos con la cantidad y calidad de los recursos disponibles, tomando en cuenta la organización de la producción, y los patrones culturales y de consumo asociados con los ciclos ecológicos de los recursos naturales.

Sin embargo, existen diferencias fundamentales entre los países desarrollados o industrializados y los llamados "en vías de desarrollo", que afectan a la problemática ambiental de manera diferenciada. Mientras que para los primeros la degradación se atribuye al exceso de consumo y al derroche, ya que son los países que con 23% de la población mundial consumen 84 % de la riqueza y producen 70% de las emisiones de dióxido de carbono; para los segundos el escenario es de escasez, pobreza, desempleo y desigualdad en el reparto de la riqueza.⁴ Este



Ninguna medida se logra sin la participación de la sociedad.



escenario es el que prima en México, donde hasta 1999 más de la mitad de su población urbana y más de la tercera parte de la rural aún vivía en hogares pobres. Estos niveles de pobreza lo colocaron muy por debajo de países latinoamericanos, como Chile y Costa Rica.⁵

Rist,⁶ un investigador del Instituto de Graduados de Estudios del Desarrollo en Ginebra, afirma que 20% de la humanidad, es decir, la población de los países capitalistas avanzados, consume 80% de los recursos del planeta. Los aproximadamente 1,000 millones de habitantes de esos países representan, en términos de consumo de energía y otros recursos naturales, 4,000 millones de habitantes de países "no desarrollados". Estas profundas diferencias y contradicciones están presentes en el plano de las negociaciones sobre desarrollo económico, comercio internacional, distribución y uso de los recursos del planeta.

¿QUÉ SE HA HECHO EN MÉXICO PARA REGULAR EL USO, EL MANEJO Y LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES?

Desde la década de 1920 la gestión ambiental en México ha pasado por una serie de etapas, en las que se observan los esfuerzos gubernamentales para encauzar sus preocupaciones sobre la administración

de los recursos naturales y, sobre todo, generar un nuevo orden ambiental. Estos esfuerzos contribuyeron a crear estructuras y leyes político-administrativas que han normado el desarrollo social y la conservación. Las concepciones acerca de la gestión ambiental han pasado por cuatro etapas.⁷ Durante la primera (1917-1971) se concibió a los recursos naturales con una visión productiva, que sentó las bases para la segunda fase (1971-1983), en la cual se abordó la contaminación ambiental con un enfoque de salubridad general; en la tercera etapa (1983-1994) se avanzó hacia una gestión ambiental integral y en la cuarta (1995-) se reafirmó la integralidad de la gestión nacional. Estos cambios fueron fuertemente influidos por los esfuerzos internacionales para normar y promover un orden ambiental responsable.

La Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo Humano de la ONU resalta la necesidad de promover lo que el discurso llama "desarrollo sustentable" en los países miembros, de tal forma que éste genere cambios sociales en el desarrollo tecnológico, congruencia en las formas institucionales y ampliación del potencial actual y futuro para satisfacer las necesidades y aspiraciones humanas.⁸ En México se concretaron una serie de respuestas institucionales encaminadas a la búsqueda de una gestión ambiental acorde con los señalamientos anteriores, los cuales fueron reafirmados en 27 principios básicos declarados



Los aspectos ambientales no han sido predominantes para la planeación del desarrollo del país.



en la Reunión de Río o Cumbre de la Tierra,⁹ en la que se buscó la participación relevante de la sociedad.

Pese a estos esfuerzos, en México ha sido difícil consolidar la gestión ambiental, entre otras causas debido a que los conceptos de medioambiente y recursos naturales son fenómenos cognitivos sociales, lo que implica una comprensión colectiva, fuertemente influida por factores y procesos asociados con aspectos económicos, políticos, culturales, normativos y administrativos, tanto nacionales como internacionales.

En 1994, con la creación de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap),¹⁰ en el país se asume oficialmente el "desarrollo sustentable" como paradigma alrededor del cual se han diseñado las políticas públicas sobre el manejo de los recursos naturales, para detener su deterioro y fomentar una producción limpia, sostenible y mejorar el bienestar social.

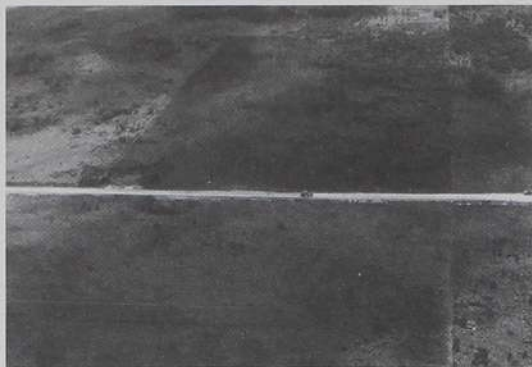
A sólo cuatro años de asumidas estas estrategias el análisis del desempeño ambiental del país realizado por la OCDE¹¹ indicó que el logro del desarrollo sustentable continuaba siendo un reto económico, social y ambiental, ya que el avance económico logrado no era suficiente para una población que creció a tasas más altas que su PIB durante los últimos 15 años, en el que una proporción considerable de la población urbana y rural vivía en condiciones de pobreza, padeciendo

desproporcionadamente problemas de salud causados por la degradación ambiental de una sociedad de consumo.¹²

Por otra parte sabemos que las actividades económicas prioritarias han ejercido grandes presiones sobre el medioambiente, generando niveles altos de contaminación, y que los aspectos ambientales no habían sido predominantes para la planeación del desarrollo del país. Esto ha dado lugar a una sociedad de consumo dual, con una capacidad de acceso desigual de la población a los recursos naturales, económicos y sociales.

En este sentido, destacan posturas que asumen que el origen de los problemas ambientales es fundamentalmente de tipo social y cuestionan el hecho de que regiones con tanta riqueza como Latinoamérica estén siendo sometidas a estancamientos prolongados. La explicación de esto, realizada por quienes mantienen estas posturas, es: ausencia de democracia, crecimiento defectuoso de los estados débiles, incapaces de formular políticas estables y de largo alcance, estrategias económicas poco viables, falta de equidad de género, concentración del ingreso, gran marginalidad, pobreza, rezago científico-tecnológico y una relación sociedad-naturaleza inconveniente para los fines de un desarrollo sostenido.¹³

Ante este panorama, surge un creciente interés gubernamental por fomentar políticas tendientes a subsanar las deficiencias señaladas mediante



¿Cómo plantear una transformación de la cultura en la cual formamos parte?

la educación ambiental, interés compartido por otros sectores de la sociedad, entre ellos el científico. Así, la planeación prospectiva se convierte en un instrumento metodológico importante para hacer frente a este tipo de retos, de tal forma que el diseño y desarrollo de planes, programas y modelos de educación ambiental contribuyan a la promoción de conductas proambientales y que en el largo plazo constituyan una cultura ambiental responsable.

PARTICIPACIÓN COMUNITARIA

Ninguna de las medidas anteriores se podría lograr sin la participación de la sociedad, con sus múltiples expresiones culturales. Pero, ¿cómo plantear una transformación de la cultura global actual de la cual formamos parte, en la que abundan ejemplos de poca conciencia, despreocupación, falta de interés y respeto por la naturaleza? Es decir, de una cultura en la que existen sistemas de creencias que subordinan la naturaleza ante el ser humano, que produce degradación ambiental con graves repercusiones en la salud y la productividad y, peor aún, que enfatiza el interés personal sobre el colectivo.¹⁴

El logro de las metas de planes y programas está condicionado a la capacidad para involucrar a las poblaciones, no sólo buscando su participación sino adaptando los proyectos a ellas, lo que significa organizar la participación desde la identi-

cación y movilización de los protagonistas sociales, procurar los medios, diseñar hasta ejecutar y monitorear los proyectos.¹⁵ Expertos como Cernea remarcan la conveniencia de aclarar, desde el comienzo de las acciones, el grado de participación deseado, la presencia de objetivos realistas, la incorporación de disposiciones específicas para introducir y sostener la participación, el apoyo de las organizaciones locales e incluso tener presente que algunas etapas de la planeación, como el diseño, serán más lentas, lo cual afectará el logro de las metas en los tiempos deseados por los planificadores tradicionales.

El análisis de los procesos participativos relacionados con la educación ambiental implica responder a la pregunta: ¿cómo hacer converger la participación y el ambiente en la organización de acciones de cuidado ambiental? En este sentido, en el III Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental, llevado al cabo en Caracas, Venezuela, en 2000, se reconoció que la educación ambiental es un instrumento importante para involucrar a las comunidades en la gestión ambiental y en la resolución de los conflictos y retos ambientales a los que se enfrenta la región, enfatizando la necesidad de apoyar las nuevas tendencias en el área que promueven la participación de las comunidades con un enfoque de género, el diálogo de saberes y respeto a la diversidad cultural.¹⁶

Para afrontar los retos de organización de la participación comunitaria es necesario tomar en cuenta



Las actividades económicas prioritarias han ejercido presiones sobre el medio ambiente.

como un primer paso el diseño de los programas, las condiciones socioeconómicas, culturales y políticas de los participantes y, como un segundo paso, identificar la metodología de trabajo comunitario que permita aterrizar las acciones de educación ambiental y promover la confluencia de intereses y motivaciones individuales y colectivas sobre el ambiente.

En este sentido, un estudio antropológico sobre la participación comunitaria, llevado a cabo en una comunidad de la costa yucateca,¹⁷ indica que el concepto de "participación" no tiene una sola acepción, que se encuentra en elaboración y sujeto a cambios. Distingue la participación individual de la comunitaria, la primera como un prerrequisito de la segunda.

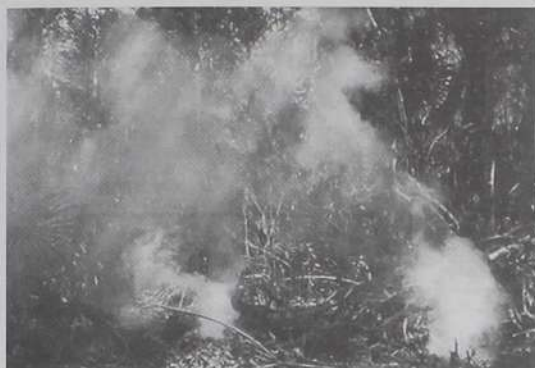
Otra distinción importante es la participación por convocatoria de organizaciones de y dentro de la misma comunidad y la promovida por instancias externas, para conocer, comprender y, tal vez, modificar los escenarios que podrían influir negativamente en la participación y, sobre todo, para estructurar objetivos y metas de común acuerdo con las comunidades. Es decir, establecer compromisos mutuos que propiciarían acciones de educación ambiental más eficientes y duraderas.

Una propuesta teórica y metodológica alternativa para promover la participación comunitaria es la investigación participativa (IP), enriquecida con los trabajos sobre educación de adultos de Freire¹⁸ y los del sociólogo colombiano Fals Borda,¹⁹ entre

otros. La propuesta ha sido aplicada en Latinoamérica con el fin de analizar y transformar la realidad, dándole otro sentido a la participación de grupos típicamente marginados de la información y de la toma de decisiones. Esta metodología ha sido adoptada con éxito alrededor del mundo en ámbitos tales como el laboral, clínico y educativo.

La IP se caracteriza por vincular aspectos sobre conocimiento popular y poder, educación de adultos, organización popular, educación y conocimiento de la realidad, enfatizando la relación: investigación - educación - aprendizaje - acción - participación. En este sentido, es una alternativa para promover el cambio social, de tal forma que las comunidades produzcan conocimiento que explique su realidad social y la transforme.

¿De qué manera podríamos concretar esta propuesta teórica? Algunas experiencias^{20, 21, 22} en el campo señalan la conveniencia de programar en fases o etapas la participación para la solución de problemas. Se comienza con la formación de grupos (facilitadores) interesados en el tema y entrenamiento en la metodología, para llevar a cabo un diagnóstico de los principales problemas ambientales que los afectan, seguido del análisis y la acción para solucionar el problema abordado, celebrar los logros y continuar el proceso de solución de dichos problemas. En cada una de las fases estará presente un grupo de acompañantes del proceso que darán retroalimentación y apoyarán el fortalecimiento del



El logro de las metas ambientales se relaciona con la capacidad de involucrar a la población.

grupo de trabajo; pueden ser investigadores, profesionales o miembros de ONG.

EDUCACIÓN AMBIENTAL Y CULTURA AMBIENTAL AUTÓNOMA

La comprensión y promoción de la participación comunal para la educación ambiental deben trascender procesos educativos individuales, de tal forma que generen nuevos estilos de vida entre las poblaciones, promuevan el trabajo colectivo, una percepción positiva, valoración, cuidado y respeto por la naturaleza. Junto con ello, no hay que desatender la preocupación de los expertos que exhortan a los educadores ambientales para alejarse de actitudes ingenuas y comprometerse para transformar antiguos y complejos problemas en el campo, derivados de un activismo disperso, así como de la falta de marcos teóricos e históricos que guíen sus acciones.²³

Los conceptos de ambiente y educación ambiental han ido evolucionado, no están acabados ni son estáticos, trabajar en este sentido implica tomar conciencia de que abordamos un fenómeno de naturaleza psicosocial y cultural complejo, en el que la mayoría de los problemas ambientales expresan interacciones socioambientales, reflejadas finalmente en actitudes individuales. Debemos estar alerta y promover acciones tendientes a modificar

pautas de conducta en las que se refuerza socialmente el beneficio individual por encima del colectivo e incorporar en la sociedad conductas más favorables hacia la naturaleza con vistas a fortalecer una cultura ambiental responsable.

Es importante aclarar que en este contexto la "cultura" es entendida desde la perspectiva de la antropología social, que la concibe como una serie de conocimientos organizados coherentemente que sirven de modelo para explicar la realidad, darle integración y dirección a la acción colectiva de miembros de una sociedad²⁴. Este concepto es amplio, se incluyen percepciones, expresión de sentimientos, sistemas de creencias, valores, actitudes y comportamientos; en consecuencia, para la adquisición de cierta cultura son necesarios diversos aprendizajes y la manifestación de conductas compartidas, incluyendo el lenguaje y la comunicación simbólica.

La ecología cultural puede explicar cómo la cultura afecta las formas en que las personas y su ambiente interactúan. Esta concepción de la ecología cultural se encuentra relacionada también con la ecología humana, que aborda interdisciplinariamente, las formas de interacción de los individuos con el medioambiente, a través del tiempo y del espacio.

Señala Faust,²⁵ al estudiar el desarrollo rural mexicano en relación con la adopción de la tecnología y la cosmología maya en los bosques tropicales de Campeche, en México, que por un lado la serpiente emplumada en la cultura mesoamericana existe como una representación simbólica y sagrada entre el mundo natural y la sociedad, y por otro lado que las tradiciones mayas están abiertas al cambio, sometidas a un estado de alerta ante la fragilidad de los ecosistemas, alerta que ha sido construida como producto de siglos de experiencia, experimentación y modificaciones.

Como vemos, los aprendizajes culturales sobre la interacción con el medioambiente derivan en una toma de decisiones importantes para el uso y cuidado de los recursos naturales, aprendizajes que se pueden reflejar también en conductas ambientales, responsables o no, positivas o negativas. En la

Relación entre el grupo social que decide y los elementos culturales sobre los cuales decide

Elementos Culturales	Decisiones Culturales	
	Propias	Ajenas
Propios	Cultura Autónoma	Cultura Enajenada
Ajenos	Cultura Apropriadada	Cultura Impuesta

Fuente: Bonfil, 1991.

sociedad mexicana actual las conductas ambientales responsables toman la forma de acciones de reciclado, cuidado del agua, medidas de reforestación, cuidado de especies carismáticas o en peligro de extinción, etc., pero también pueden darse interacciones con el ambiente que contribuyan a generar una cultura ambiental no responsable, negativa, destructiva, observada en patrones de consumo excesivo y desperdicio de recursos, generación de basura, contaminación atmosférica y de mantos freáticos.

Para la mejor comprensión de los procesos culturales que suceden cuando dos grupos con culturas diferentes y contrastantes se vinculan, Guillermo Bonfil, antropólogo social mexicano, propone una tabla que muestra la relación entre el grupo social que decide y los elementos culturales sobre los cuales decide²⁶. En esta relación, los grupos culturales involucrados adquieren elementos culturales propios o ajenos que, cuando aparecen en el campo de la toma de decisiones, dan lugar a diversos tipos de cultura: autónoma, apropiada, enajenada o impuesta (ver tabla).

En nuestra concepción, esperamos que toda acción de educación ambiental establezca vínculos con miembros de la comunidad, grupos de promotores, ONG, centros de investigación, autoridades civiles y religiosas, y con la o las comunidades participantes. De este modo se puede contribuir a la generación, en un primer momento, de una cultura apropiada, al proporcionar elementos culturales,

inicialmente ajenos a las comunidades, en términos de conocimientos, habilidades, actitudes y valores relacionados con la conservación de la naturaleza. Estos elementos culturales deberán tender a fortalecer la capacidad de liderazgo, la toma de decisiones, una mayor capacidad de autogestión y estilos de organización propios que favorezcan no sólo la apropiación de esos elementos culturales, sino la conservación e incluso la recuperación de elementos culturales propios. Con todo esto se podría dar lugar a la generación de una cultura ambiental autónoma, en la cual la conducta responsable hacia el ambiente sea evaluada y valorada positivamente por los miembros de la sociedad.

Esperamos también que el desarrollo de la educación ambiental en México permita el desplazamiento de la casilla de cultura apropiada al de cultura autónoma. La razón de esa expectativa es que los vínculos entre miembros de la comunidad, grupos de promotores, ONG, centros de investigación, y autoridades civiles y religiosas de la comunidad o las comunidades participantes podrían ser canales para introducir y promover elementos culturales inicialmente ajenos a las comunidades, favorecer la apropiación de éstos y que permitan robustecer la capacidad de liderazgo, la toma de decisiones, una mayor capacidad de autogestión y estilos de organización propios que permitan la generación de la cultura ambiental autónoma arriba descrita.

CONCLUSIONES

Concebimos a la *educación ambiental* como un proceso de enseñanza → aprendizaje, integrador, continuo, dinámico y permanente, mediante el cual los individuos se socializan y resocializan en una serie de experiencias, percepciones, conocimientos, habilidades, actitudes y valores relacionados con el acceso, uso, manejo y conservación de los recursos naturales y del ambiente, vinculados al desarrollo comunitario, y reflejados en la calidad de vida y bienestar individual, familiar, comunal y ambiental.

La educación ambiental deberá ser un proceso orientado hacia la construcción de una cultura ambiental autónoma, donde en un largo plazo los elementos culturales y las decisiones culturales sean propios.

La participación comunitaria es un requisito indispensable para un efectivo cumplimiento de objetivos y metas relacionadas con el acceso, uso, manejo, cuidado y conservación de los recursos naturales promovidos en acciones de educación ambiental.

La investigación participativa constituye una opción teórica y metodológica para concretar los ideales de construcción de una cultura ambiental responsable.

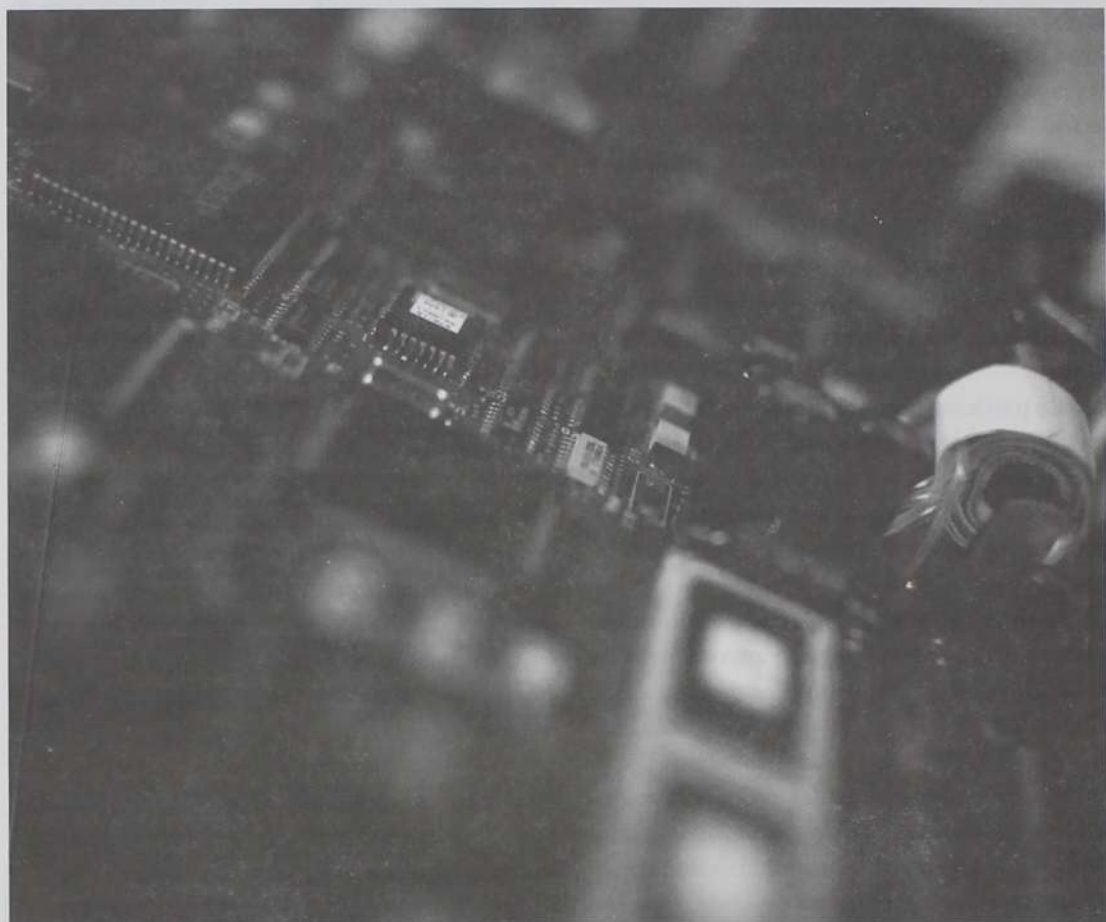
AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Laboratorio de Hidrología del Departamento de Ecología Humana del Cinvestav, a cargo del Dr. Eduardo Batllori, por autorizararnos el uso de algunas de las fotografías que ilustran este artículo.

REFERENCIAS

- ¹ Hardin G., "The tragedy of the commons", *Science* CLXII: 1243-8, 1968.
- ² Lutz W., *The future population of the world. What can we assume*

- today?*, International Institute for Applied Systems Analysis, Londres, Earthscan Publications, 1996.
- ³ US, Census, Bureau, *US and world population clocks - PORCLOCK*: US Census Bureau, Population Division, 2004.
- ⁴ Chichilnisky, G., "Sustainable Development and North-South Trade". Protection of Global Biodiversity. Converging Strategies. Ed. D. Lakshman and J. McNeely. Durham, NC., USA, Duke University Press: 421. 1998.
- ⁵ CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), 2003. *América Latina (17 países): Población que vive en hogares pobres, según grupos de edad*. 1999. <http://www.eclac.cl/mujer/proyectos/perfiles/imagen/pobrezal.gif> (21/05/2003).
- ⁶ Rist G., *The history of development. From western origins to global faith*, El Cabo, University of Cape Town Press, 1999.
- ⁷ Semarnap (Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca), *La gestión ambiental en México*, México, 2000.
- ⁸ ONU (Organización de las Naciones Unidas), *Nuestro futuro común*, Madrid, Alianza Editorial, 1989.
- ⁹ ONU, *Declaración de Río o Cumbre de la Tierra*, Río de Janeiro, 1992.
- ¹⁰ Actualmente la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat).
- ¹¹ México es miembro de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) desde 1994.
- ¹² OCDE, *Análisis del Desempeño Ambiental México, Perspectivas OCDE*, París, 1998.
- ¹³ PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), *Nuestra Propia Agenda sobre Desarrollo y Medio Ambiente*, México, Banco Interamericano de Desarrollo, Fondo de Cultura Económica y PNUD, 1991.
- ¹⁴ Yerith M., Irigoyen J., "Una propuesta conductual para la educación ambiental", en *Enseñanza e Investigación en Psicología* 7: 47-57, 2002.
- ¹⁵ Cernea M., *Primero la gente. Variables sociológicas en el desarrollo rural*, México, Fondo de Cultura Económica, 1995.
- ¹⁶ PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), "Declaración de Caracas para la educación ambiental en Iberoamérica", en *Formación Ambiental*, Órgano Informativo de la Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe, p. 3, 2000.
- ¹⁷ Castillo T., *Relaciones de género en los ámbitos de participación comunitaria de un pueblo de la costa yucateca*, Tesis de Doctorado en Antropología Social, Universidad Iberoamericana, México, p. 275, 2001.
- ¹⁸ Freire P., *La educación como práctica de la libertad*, México, Siglo XXI, 1978.
- ¹⁹ Fals O., "La ciencia y el pueblo, en Investigación participativa y praxis rural: nuevos conceptos" en *Educación y desarrollo comunal*, pp. 19-47, Lima, Mosca Azul Editores, 1981.
- ²⁰ Yopo B., *Metodología de la Investigación Participativa*, Pátzcuaro, CREFAL, 1985.
- ²¹ Castillo T., Viga D., "Women's Participation in the Organization of Community Well-Being", Presented at Gender, Health, and Sustainable Development. A Latinoamerican Perspective, Montevideo, 1994.
- ²² Schutter A., *Investigación participativa: Una opción metodológica para la educación de adultos*, Pátzcuaro, CREFAL, 1996.
- ²³ González E., *Elementos estratégicos para el desarrollo de la educación ambiental en México*. Guadalajara, Jalisco. Fondo Mundial para la Naturaleza, Asesoría y Capacitación en Educación Ambiental S. C., Subsecretaría de Ecología, SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología).
- ²⁴ Aguirre A., *Conceptos clave de la antropología cultural*, Barcelona, Editorial Daimon, p. 149, 1982.
- ²⁵ Faust B., *Mexican rural development and the plumed serpent. Technology and maya cosmology in the tropical forest of Campeche, Mexico*, Westport Connecticut, Bergin & Garvey, 1998.
- ²⁶ Bonfil G., *Pensar nuestra cultura*, México, Alianza, 1991.



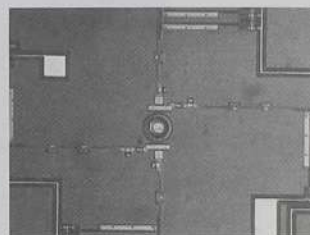
Crédito de foto: Archivo Cinvestav.

EN LA ACTUALIDAD LA ELECTRÓNICA ES UN ÁREA DE CONOCIMIENTO QUE, trasladada a nivel tecnológico, genera el desarrollo de una gran cantidad de productos de consumo a escala mundial. Independientemente de dónde sea desarrollada, es un hecho que sus consumidores crecen día a día. Telefonía celular, reproductores de DVD, computadoras personales, automatización, control electrónico de personal, videojuegos, circuitos cerrados de TV, comunicación satelital y muchas más aplicaciones son ejemplo de productos y servicios de consumo. Todos ellos tienen, además del consumidor, un común denominador: un circuito impreso con componentes electrónicos.

Para el consumidor común es suficiente con adquirir un producto de buena presentación y preferentemente de actualidad; para los más exigentes es necesario adquirir un producto que cumpla un alto porcentaje de sus demandas. Sin embargo, existe otra clase de exigencia que, aun hoy en día, no depende del consumidor, sino de diversas oficinas gubernamentales y privadas que regulan el cumplimiento de normas y estándares de calidad, y por ello esos productos llegan al mercado para su venta.

En las sociedades actuales de consumo¹ es práctica común ver la rapidez con la que los productos electrónicos evolucionan y prestan mayores servicios a costos medianamente reducidos. No obstante, si bien es cierto que existe una evolución de estos productos y también es cierto que la sociedad los consume, ¿dónde están los productos electrónicos obsoletos o *pasados de moda*?, ¿dónde están los productos que la sociedad desecha?

Estos desechos electrónicos constituyen un mercado poco difundido, pero que todos ven, ya que muchos de los componentes electrónicos aparecen en los establecimientos dedicados a la venta de componentes, o bien como refacciones de reuso en establecimientos de reparación (ya sea DVD, las todavía populares radios, videocaseteras, las llamadas grabadoras, lavadoras, etc.). Sin olvidar que muchos de los estudiantes toda vez que ingresan a un laboratorio de electrónica ven en un aparato de desecho la opción para



Fotos e ilustraciones: Archivo Cinvestav y Airam.

El Dr. Federico Sandoval-Ibarra es investigador titular del grupo de Diseño Electrónico, Unidad Guadalajara. Su correo electrónico es: sandoval@cts-design.com



En las actuales sociedades de consumo es común ver la rapidez con la que los productos eléctricos evolucionan.

experimentar o un medio para proveerse de componentes. Existen, por otro lado, las grandes empresas que se encargan de coleccionar productos de desecho para reusar componentes, para reciclar materiales o para la obtención de metales.²

En la práctica, una tarjeta de circuito impreso es el medio físico en el que se ensamblan los componentes electrónicos, conectores y demás elementos. Estas tarjetas contienen cantidades importantes de elementos susceptibles de ser recuperados para otras aplicaciones o usos.

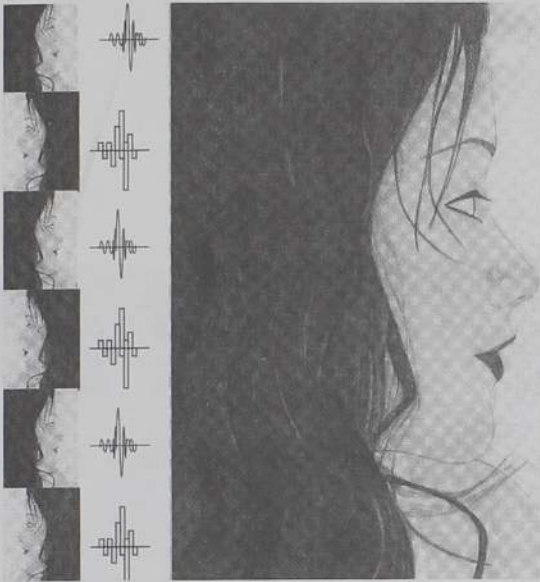
En promedio, un circuito impreso puede estar formado por 70% de fibra de vidrio y 30% de elementos recuperables. De este último porcentaje 16 % es Cu, 4.5% son soldaduras, 2.5% Fe, 2% Ni, 0.045% Ag, 0.003% Au, 0.0001% Pd, mientras que el porcentaje restante se divide en Ta, Bi y Sb.

En consecuencia, estas tarjetas contienen gran variedad de metales preciosos y de base, lo cual hace interesante su recuperación. Luego, toda vez que se recuperan estos metales, ¿dónde quedan los desechos? Se asume que existen vertederos o

cementerios de desecho "perfectamente" protegidos para evitar la contaminación ambiental, principalmente en mantos acuíferos. Hoy día se sabe que sí hay contaminación. ¿Quién es el contaminante?

Tradicionalmente la adherencia física entre los diversos componentes electrónicos y la tarjeta de circuito impreso es mediante el uso de soldadura. La soldadura más utilizada es la denominada *de estaño*, sin embargo ésta es en realidad una aleación de estaño (63%) y plomo (37%).

Es importante señalar que el uso de esta soldadura en la industria electrónica tiene aceptación debido a múltiples ventajas: bajo costo, tolerancia en condiciones de trabajo extremas y punto de fusión bajo, entre muchas otras características. El plomo presenta alta toxicidad y tiene la capacidad de transmitirse fácilmente al medioambiente. Hoy día se sabe que hasta 40% del plomo encontrado en mantos acuíferos, en el ámbito mundial, proviene de vertederos de componentes y desechos electrónicos.



Procesamiento de Imágenes.



Lago de Chapala.

El plomo no sólo se encuentra en la soldadura *de estaño* y en componentes electrónicos con superficies compuestas con derivados de plomo, también se halla en las industrias de baterías, pinturas, vidrios, cerámicas, pigmentos, tuberías, etc. Para estas aplicaciones también deberán proporcionarse opciones de menor toxicidad como ya ocurre en la industria electrónica.

Las legislaciones europea y japonesa pusieron restricciones en el uso de plomo durante la década de 1990. Algunas restricciones ya están operando desde finales de los años noventa, mientras que otras deberán ser cumplidas invariablemente a partir del 2008.

PRODUCTO VERDE

En lo que se refiere a la industria electrónica establecida en la zona metropolitana de Guadalajara, un alto porcentaje de productos de consumo están dentro de la categoría denominada "productos verdes" desde inicios del 2005. Un "producto verde" no

sólo elimina el uso de plomo en soldaduras y en retardantes de llama en tarjetas de circuito impreso, también elimina sus derivados en las superficies de los componentes electrónicos y, en general, elimina todos los elementos que tengan un impacto ambiental negativo. En conclusión, el desarrollo de un "producto verde" implica que el consumo de recursos y la generación de residuos y emisiones no comprometan a las generaciones futuras.

Las implicaciones de esta nueva electrónica son los costos de las nuevas tecnologías. Por ejemplo, para procesos o productos innovadores el costo asociado es superior a los procesos ya implantados, aun y a pesar de su menor impacto ambiental. Otro aspecto es la falta de información ambiental sobre los componentes usados en los productos. En la práctica el proveedor, en el mejor de los casos, declara el contenido de sustancias peligrosas, pero no siempre la información es suficiente para realizar el estudio ambiental del producto terminado.

En países desarrollados la legislación obliga a los proveedores a proporcionar información completa

de sus productos, de manera que ello implica necesariamente un costo económico adicional.

La nueva electrónica está en marcha, su desarrollo es constante y la sociedad mexicana, en su conjunto, de una u otra manera deberá participar en esta evolución. De igual manera que un proveedor anuncia sus desarrollos, en Internet o en material impreso, con la leyenda "uso de soldadura sin plomo" o "lead free product", los consumidores debemos adquirir productos con estas características.^{3,5} El error social sería convertirnos en un mercado en el que tengan lugar los productos de desecho de otras sociedades.

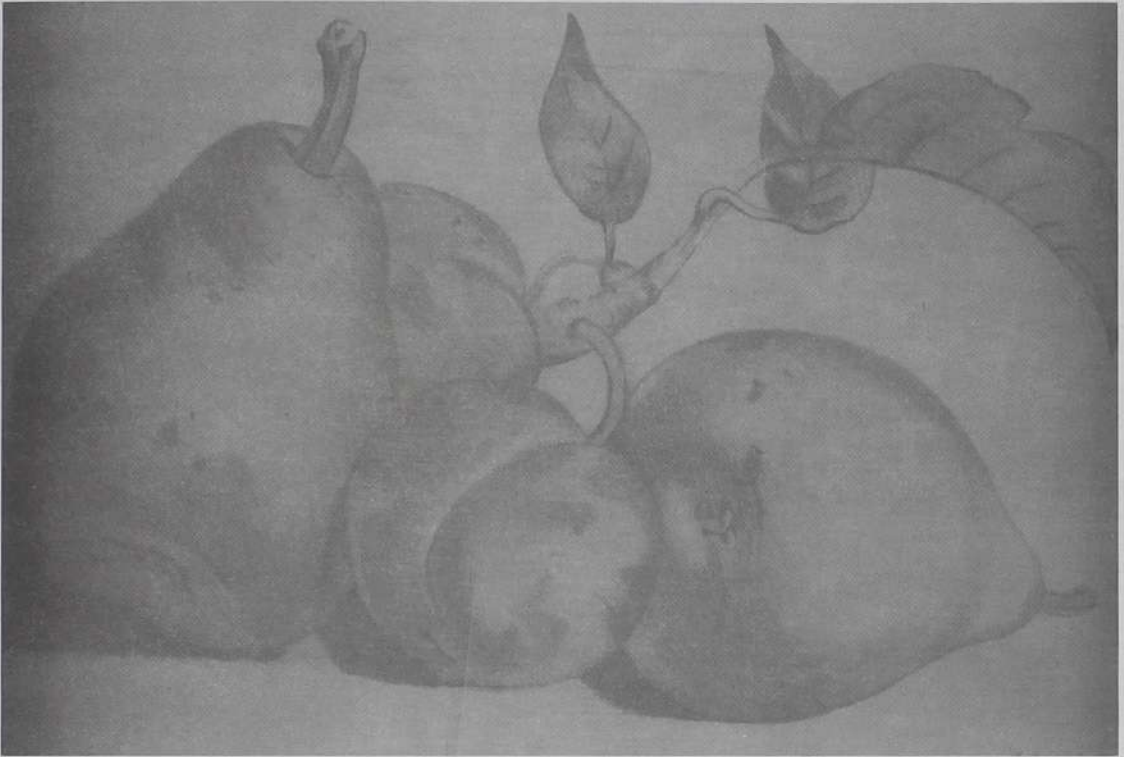
Por otro lado, la academia y las instituciones de educación no pueden quedarse al margen de esta evolución, por lo que todos aquellos trabajos de fin de carrera o prácticas de laboratorio que requieran el desarrollo de un circuito impreso deberán realizarse con soldadura libre de Pb y, adicionalmente, en todos aquellos programas académicos que incluyan cursos de soldadura deberá hacerse la actualización correspondiente. La soldadura libre de plomo es una realidad y los estudiantes no deben desconocer las nuevas normas y estándares que rigen el desarrollo de los nuevos productos ecológicos.^{6,7}

AGRADECIMIENTOS

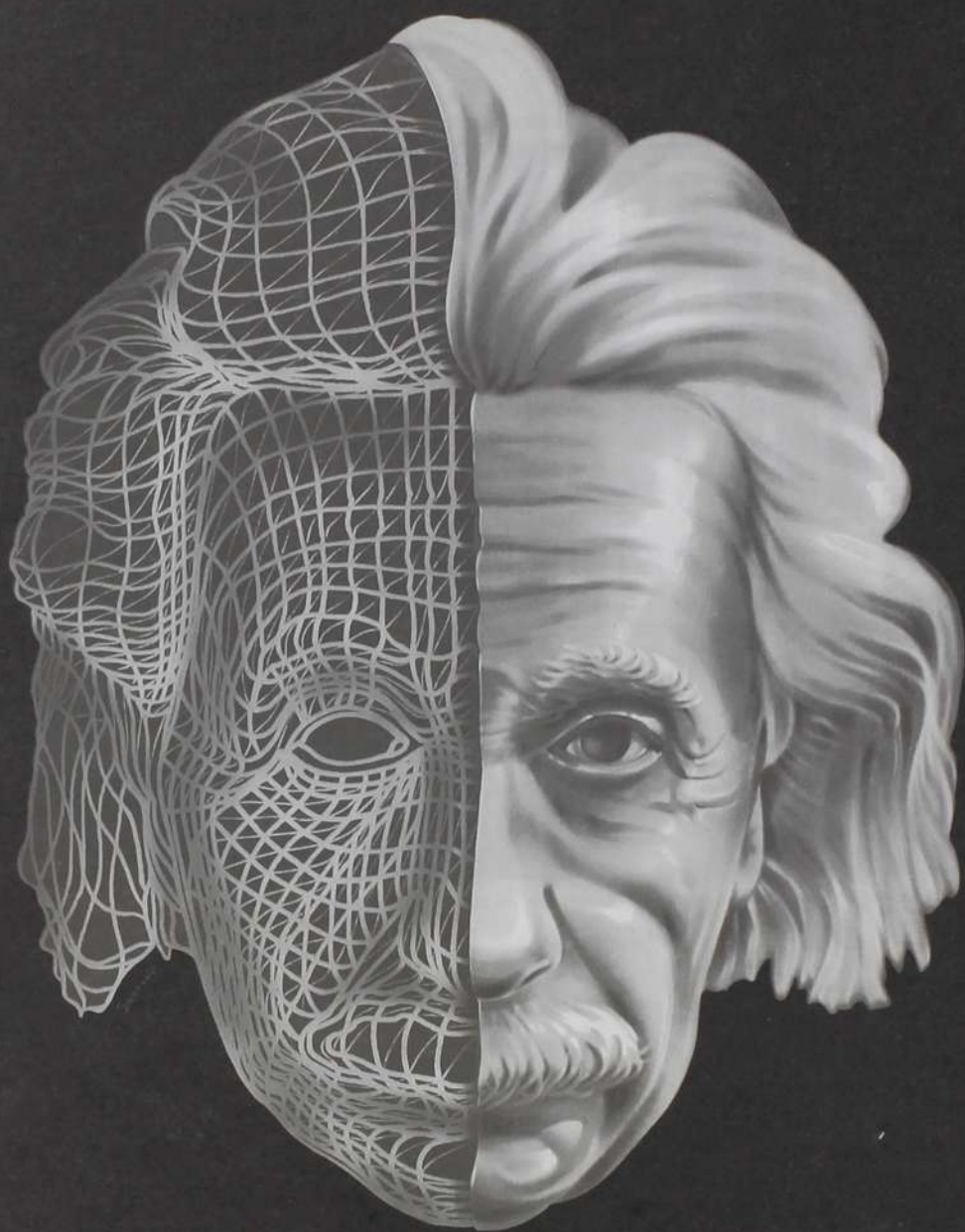
El autor agradece a *Airam* por el material gráfico que aparece en este artículo.

REFERENCIAS

- ¹ <http://www.motorola.com/GSS/CSG/Help/PR/pr960610.html> <http://www.motorola.com/GSS/CSG/Help/PR/pr960610.html>
- ² Michael B. Biddle y Ray Mann, *Recipe for recycling*, IEEE Spectrum, pp. 22-24, agosto 1994.
- ³ <http://www.smo.es/proyectorsonyVPLPX40.html>
- ⁴ http://www.microsites.ce.philips.com/microsites/language_sites/es/environment/leadfree.htm
- ⁵ <http://www.intel.com/research/silicon/leadfree.htm>
- ⁶ http://www.noticias.com/noticias/2002/0212/n02122015_1.htm
- ⁷ http://www.fairchildsemi.com/products/lead_free/



La electrónica es un área de conocimientos que genera el desarrollo de una gran cantidad de producto de consumo.



DIFUSIÓN, TRANSPORTE, MOVILIDAD Y TODO ESO: EL MUNDO ESTOCÁSTICO DE EINSTEIN

ALDO H. ROMERO
JOSÉ LUIS NAREDO

EN ESTE ARTÍCULO

LAS IDEAS BÁSICAS DE EINSTEIN SOBRE EL MOVIMIENTO BROWNIANO SON explicadas en base a ejemplos sencillos. Se discute la relación entre las propiedades de disipación y las de transporte, derivadas por Einstein, así como su impacto en el área molecular. Por último, se introducen algunas posibles extensiones de estas relaciones y sus implicaciones en el transporte de partículas en presencia de campos externos.

Albert Einstein es tal vez la figura más reconocida en el campo de la física, no sólo por su cabellera desordenada y blanca, o por las caricaturas que lo sitúan como un intelectual descuidado, o por su pacifismo desbordante en los últimos años de su vida. Pero antes que nada está el impacto que sus ideas han tenido en la ciencia en general.

En este artículo no sólo presentamos una revisión general de uno de sus trabajos, sino que además llamamos la atención sobre una parte de su historia personal. Para poder entender su repercusión universal vale la pena repasar esa historia para luego discutir más en detalle una de sus brillantes ideas, parte de sus tantas aportaciones originales.



Fotos e ilustraciones: Aldo Romero, José Luis Naredo.

¿QUIÉN ERA EINSTEIN?

Albert Einstein nació en 1879 en Ulm, Alemania, y al año siguiente sus padres decidieron ir a vivir a Munich, ciudad donde inició sus estudios. En 1895 falla en el examen de ingreso que le permitiría estudiar Ingeniería Eléctrica en el Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), en Zurich, y frente a ese fracaso decide ingresar en la escuela secundaria en Aarau, en Suiza, pensando que esta ruta le facilitaría su entrada al ETH. Finalmente, en 1900 se graduaría en esta última institución como profesor de Matemáticas y Física. Desde entonces Albert Einstein estuvo dando vueltas en la universidad con la esperanza de

El Dr. Aldo H. Romero Castro es investigador titular de la Unidad Querétaro.

Su correo electrónico es: aromero@qro.cinvestav.mx

El Dr. José Luis Naredo Villagrán es investigador titular y director de la Unidad Querétaro.

Su correo electrónico es: jlparedo@qro.cinvestav.mx



Einstein en 1920.

obtener una posición como profesor, pero no logró impresionar demasiado a sus profesores y la entrada le fue negada. En 1901 trabajaba como profesor de medio tiempo en una escuela privada y ofrecía clases a domicilio. Por medio del padre de Marcel Gossmann, un compañero de clases, obtiene un puesto como oficial de tercera clase en la oficina de patentes de Berna. Para 1904 su posición se hace permanente, y en 1906 obtiene el puesto de técnico experto de segunda clase.

Durante el tiempo en Berna completó un conjunto de brillantes trabajos en el área de física teórica, que son los que más van a repercutir en su vida como científico. A diferencia de sus colegas, sus trabajos fueron escritos en su tiempo libre y con mínimo contacto con otros colegas y con la literatura científica de su época.

En 1905 recibe su doctorado de la Universidad de Zurich con la tesis titulada: *Sobre una nueva determinación de las dimensiones moleculares*. En 1901 había sido rechazada una primera tesis sobre el mismo tema. Durante 1905, Einstein publicó cuatro artículos que al final se convirtieron en piedras angulares de la física teórica y luego de la ciencia en general. Su tesis fue publicada en enero de 1906 y fue uno de sus trabajos más citados de aquel entonces.

Para 1909 es reconocido como un intelectual de alta importancia y entra a trabajar como profesor

asociado en la universidad de Zurich. En 1921 recibe el Premio Nobel por sus contribuciones al denominado "efecto fotoeléctrico", que también es resultado de los trabajos que publicó en 1905. En 1932, después de emigrar a Estados Unidos, por razones de seguridad personal y de su familia, comenzó a trabajar como profesor en la Universidad de Princeton, ciudad donde murió en 1955.

DE AGITADO A BROWNIANO

Entre los trabajos publicados en 1905, todos en la revista *Annalen der Physik*, está el titulado "Sobre el movimiento de pequeñas partículas suspendidas en líquidos estacionarios desde la teoría cinética molecular del calor". La idea básica radicaba en tratar de explicar algunas de las observaciones hechas por el biólogo inglés Richard Brown, quien en 1827 observó en un microscopio que los granos de polen en el agua están en constante agitación. Al principio Brown pensó que había algo vivo que era responsable de que las partículas de polen se movieran dentro del líquido. Para ello extendió sus experimentos y los realizó con partículas inertes inmersas igualmente en un fluido. Aun así observó la misma serie de eventos que en el caso de las partículas de polen. De tal manera que al final de sus trabajos no logró llegar a una conclusión general sobre el comportamiento de partículas inmersas en fluidos estacionarios.

Desde entonces este problema se convirtió en un tema de gran interés para la comunidad científica. Pero no fue sino hasta 1905, cuando Einstein publica sus resultados, que se logra explicar este movimiento desde el punto de vista conceptual y teórico.

Es interesante señalar que a la hora de escribir el trabajo, antes de publicarlo, Einstein no tenía conocimiento de las observaciones de Brown. Su resultado está basado en la teoría cinética molecular en la que, como resultado del movimiento térmico molecular, cuerpos de tamaño microscópico suspendidos en un líquido deben ejecutar movimientos de tal magnitud que pueden ser observados en el microscopio.

Esta observación incitó luego a Jean Perrin a realizar mediciones con más cuidado. Él terminó detallando el movimiento de partículas suspendidas y escribió el libro *Los átomos* en 1909, donde reporta todas sus observaciones. En 1926 Perrin recibió el Premio Nobel por este trabajo.

Básicamente, la gran contribución de Einstein fue determinar que el movimiento de los granos de polen se debía a las colisiones que éstos debían tener de manera aleatoria con las moléculas de agua, y que eran causadas por el movimiento térmico. Para esto tuvo que sentar la base de un concepto no muy claro hasta ese momento: la idea de la molécula. Ese elemento microscópico no había sido observado hasta entonces, pero gracias a la explicación de Einstein se comprendió que su movimiento era la causa de la trayectoria azarosa de las partículas de polen. Estas nuevas ideas dieron lugar a la clarificación del fenómeno denominado "difusión" y que hoy en día es uno de los conceptos más aplicados en muchos campos de la ciencia.

¿QUÉ ES LA DIFUSIÓN?

La difusión había sido estudiada hasta el momento como algo completamente fenomenológico. La gran contribución de Einstein en esta área es determinar de manera clara y precisa el papel del movimiento térmico en el movimiento browniano. En este sentido, su contribución se puede resumir en los siguientes tres puntos:

1) Establecer que el movimiento browniano de las partículas es básicamente la difusión de ellas.

- 2) La derivación de una fórmula para el desplazamiento cuadrático medio como función del tiempo, la cual establece un límite para cuando una partícula se difunde. A su vez establece límites para cuando las partículas se pueden mover con mayor o menor rapidez que lo predicho por esta ecuación (superdifusivamente o subdifusivamente).
- 3) Una fórmula para el coeficiente de difusión de una sustancia en términos del radio de las partículas o moléculas que difunden, en ella intervienen sólo parámetros conocidos.

¿Y PARA QUÉ SIRVE LA PRESIÓN OSMÓTICA?

Einstein comienza sus deducciones probando que la presión osmótica es una consecuencia de la teoría cinética molecular del calor. Lo que implica que al final las partículas, tanto del fluido como las que han sido inmersas en él, dan lugar a la misma presión osmótica cuando están en equilibrio. Por lo tanto, las partículas brownianas son sólo partículas que se mueven más lentamente que las del fluido. La "presión osmótica" es un concepto muy útil en el transporte a través de membranas, y también es aplicable a sistemas binarios como es el caso que discutimos aquí.

Einstein también incluyó en sus análisis el hecho de que cuando las partículas tienen diferente densidad una de ellas puede decantarse o colocarse encima del fluido, y esto solamente es debido a la presencia de una fuerza boyante (recuerde a Arquímedes) que el fluido le ofrece a las partículas. Este efecto también se suele encontrar en emulsiones, tales como la salsa para ensaladas, la loción para manos, la mezcla de agua y aceite, etc. Una emulsión es una mezcla de dos líquidos no miscibles, uno de ellos forma un continuo y el otro forma pequeñas gotas. En ciertas condiciones la mezcla puede permanecer de esta forma dispersa, y éste es hoy en día un tema de gran interés tecnológico.

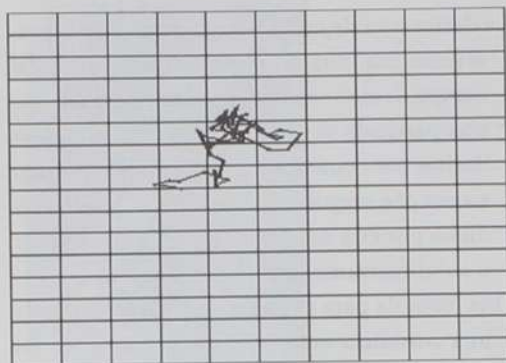


Fig. 1. Trayectoria de una partícula browniana.



EL LÍQUIDO DA UN CONJUNTO DE FUERZAS A LAS PARTÍCULAS BROWNIANAS

Las partículas que están suspendidas en el fluido pueden sentir la presencia de una fuerza externa, la que al final hará que el sistema alcance un estado de equilibrio en el sentido de un flujo o corriente constante. Esto sucederá cuando el movimiento «constante» de las partículas suspendidas vaya en la misma dirección de la fuerza externa. Esta fuerza externa es el choque entre las partículas del líquido y las del polen. Esta fuerza se recibe en todas las direcciones y, por lo tanto, el movimiento se estabiliza en un proceso de difusión. De aquí se puede concluir que el movimiento de las partículas de polen es debido al movimiento térmico de las partículas del líquido.

En la figura 1 se observa la trayectoria de una partícula browniana. En el lado izquierdo a representar 50 pasos, mientras que el lado derecho son 500. Ambas gráficas están a la misma escala para representar cómo la distancia cuadrática media, o la distancia desde el origen, va aumentando como función del tiempo. Es el mismo fenómeno que se observa cuando una gota de tinta es colocada en un vaso con agua y observamos el frente de la tinta como función del tiempo.

Bajo estas condiciones, Einstein fue capaz de derivar una ecuación que caracterizaba el movimiento de una partícula en un fluido mediante el

denominado «coeficiente de difusión». Es decir, un término que nos señala la facilidad que tiene una partícula para moverse dentro de un fluido.

Esta derivación da como resultado que el coeficiente de difusión D es igual a $RT/N_A m \mu$. Esta ecuación tiene varias cosas de interés que nos gustaría señalar. En primer lugar que resulta inversamente proporcional a un número denominado «el número de Avogrado N_A », el cual es el número de átomos que hay dentro de un mol de una sustancia. Es de anotar que, en su momento, fue la primera vez que este número apareció claramente en una cantidad medible. Las unidades de este número exigen tener que aceptar el concepto de «átomo», lo que fue una revolución en su momento.

« R » es sólo una constante de gas, que ya se conocía desde los trabajos en termodinámica del siglo XIX. « T » es la temperatura absoluta del sistema. « m » es la viscosidad del fluido y que básicamente indica qué tan fácil o difícil le resulta a una partícula moverse dentro de éste. Por último, aparece una cantidad a , que es el tamaño promedio de la partícula que se mueve dentro del fluido. Más adelante discutiremos la relación que tiene el coeficiente de difusión con la distancia cuadrática media de las partículas brownianas. Lo importante para anotar aquí es que D es una cantidad que se puede obtener de observaciones en el microscopio, por lo que decimos que es una cantidad

microscópica dada en función de cantidades microscópicas tales como a y N_A . Si determinamos D , entonces tendremos una medida directa del número de Avogrado, una de las cantidades más relacionadas con el mundo microscópico.

Y BROWN SÍ JUEGA A LOS DADOS

El siguiente argumento, dentro de la solución de Einstein al problema browniano, está en asumir que las partículas se mueven de manera independiente. Esto quiere decir que el movimiento de una partícula depende únicamente de su posición inmediatamente anterior y no del desplazamiento de cualquier otra partícula. Además, también asume que el movimiento de la partícula en un instante no tiene ninguna influencia en el desplazamiento de la misma en instantes posteriores.

Para entender mejor este argumento podemos realizar un experimento numérico muy sencillo. Asumamos a un personaje con un alto grado de alcohol en su cuerpo y que realiza un movimiento bastante azaroso cuando trata de ir del punto A al punto B. Por ejemplo, desde el recién cerrado bar hasta su casa. Su estabilidad se ve dominada por diferentes efectos, tales como la gravedad, el nivel de alcohol, la topografía de las calles, las personas en su trayectoria, los bares durante su recorrido, etc. El grado de independencia de su movimiento está directamente correlacionado con el grado de alcohol; donde él ya no recuerde nada más que su posición actual, pero no de dónde viene y menos hacia dónde va. Al final, este personaje tendrá un movimiento similar al de las partículas de polen observadas por Brown, con una trayectoria dominada por los efectos "térmicos".

Hoy, gracias a las computadoras, podemos simular en una dimensión este movimiento tan caótico, imaginando una partícula que decide caminar a la derecha o a la izquierda lanzando una moneda. Por ejemplo, si denotamos por el número 1 a uno de los resultados de la moneda y

por 0 al otro, entonces una secuencia de la moneda podría ser la siguiente:

1 0 0 1 0 1 1 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 0 1

Consideremos ahora que una partícula se encuentra inicialmente en el punto medio de un eje de coordenadas, denotando esta posición por el número 0. Ahora bien, si en la secuencia anterior cada 1 representa un salto unitario de la partícula en la dirección positiva y cada 0 un salto en la dirección negativa, la trayectoria de la partícula a lo largo del eje quedaría descrita de la siguiente forma:

1 0 -1 0 -1 0 1 0 1 2 3 2 3 2 1 2 3 2 3

Entonces ha ocurrido que la partícula salió del origen y luego de 19 etapas sólo llegó hasta la posición 3. La simulación de estos eventos en la computadora se puede hacer de manera muy sencilla y gracias a ello podemos explorar situaciones en más dimensiones.

Un ejemplo sencillo en dos dimensiones se muestra en la figura 1. El movimiento azaroso es prácticamente debido al movimiento térmico de las partículas que finalmente darán pequeños golpes a la partícula browniana y que irán cambiando su posición de manera bastante aleatoria. El tamaño de cada salto depende mucho del sistema experimental a considerar, pero desde el punto de vista de nuestra simulación, como en el caso de la figura 1, las partículas brownianas realizan saltos en unidades adimensionales que pueden ajustarse a escalas de cantidades observadas dentro de un experimento.

Si un número de partículas sujetas a movimiento browniano están presentes en un medio dado y no hay dirección preferencial, entonces las partículas tienden a extenderse de manera uniforme. Si hay dos regiones adyacentes, A y B, y la región A contiene dos veces el número de partículas que la región B, la probabilidad de que una partícula de A entre dentro de la región B es dos veces la probabilidad de que una partícula de B entre en la región

A. Este simple problema clarifica lo que discutimos sobre la presión osmótica.

El proceso físico en que la sustancia tiende a extenderse de manera uniforme de regiones de alta concentración a las de menor concentración es denominado "difusión". Cuanto mayor espacio tenga la partícula le será más fácil difundirse; pero, si el espacio es mucho menor la partícula tendrá problemas en maniobrar y, por lo tanto, le será más difícil difundirse. Por ejemplo, un sólido está compuesto de partículas que están muy empaquetadas y, por ende, a ellas les es más difícil difundirse. Por esto, si ponemos dos sólidos juntos tomará varios siglos antes que se pueda producir una mezcla... Mientras que en un fluido o en un gas no ocurre eso y es más sencillo producir mezclas uniformes de diferentes compuestos.

Y AQUÍ ESTÁ LA SOLUCIÓN

Bajo las aproximaciones discutidas anteriormente, se puede elaborar un argumento matemático que nos dé información sobre el comportamiento de la densidad de las partículas en función del tiempo. Básicamente es plantear cómo se comporta la densidad de partículas como función del tiempo, lo que directamente relaciona al coeficiente de difusión con el cambio temporal de la denominada "distancia cuadrática media"

$$\langle |r(t) - r(0)|^2 \rangle$$

Donde, $\langle \rangle$ es un promedio sobre todas las partículas brownianas, $r(t)$ es la posición espacial instantánea de la partícula, $r(0)$ es la posición inicial y $||$ es la magnitud del vector.

Esta cantidad mide la distancia al cuadrado promedio sobre todas las partículas brownianas, desde que comenzó el proceso hasta un tiempo t . Siguiendo los pasos anteriores y bajo ciertas pequeñas aproximaciones se puede determinar que:

$$\langle |r(t) - r(0)|^2 \rangle = 2 d D t$$

Donde, d es la dimensión espacial. Con esta última ecuación y la relación del coeficiente de difusión se puede mostrar cómo algunas características microscópicas de un sistema se pueden obtener al determinar experimentalmente el valor de la distancia cuadrática media y graficarlo contra el tiempo.

En particular, podríamos seguir la trayectoria de una de las partículas. La irregularidad mostrada por el movimiento browniano es parte de una gran complejidad a diferentes escalas, que también es un sello de los denominados "fractales", que son objetos geométricos que presentan complejidad muy similar a diferentes escalas.

Esta irregularidad está presente en nuestra vida diaria, en la topografía de nuestras montañas, en el borde de nuestras costas, en el comportamiento económico de alguna variable, como es el intercambio monetario o el precio de las acciones cuando se cotizan en la Bolsa, etc. En general, todas estas realizaciones y muchas otras pueden reproducirse dentro del movimiento azaroso de las partículas brownianas.

HACIA DÓNDE VAMOS

Sin duda este año tenemos más que celebrar. Las ideas de Einstein han permeado en muchas áreas de la ciencia pero, en particular, su esfuerzo por explicar el movimiento browniano y relacionar parámetros microscópicos con macroscópicos ha llevado a la física a otro nivel.

Quisiéramos concluir en este artículo no sólo discutiendo con más detalles el esfuerzo realizado por Einstein, sino más bien presentando cómo estos logros han abierto nuevas puertas, cómo nos han llevado a interesarnos por otros problemas, donde tenemos que realizar generalizaciones a las derivaciones de Einstein, pero manteniendo en perspectiva sus resultados básicos.

En la figura 2 se observan diferentes superficies o formas de potencial en donde una partícula tipo browniana puede propagarse. Casos (a) y (b)

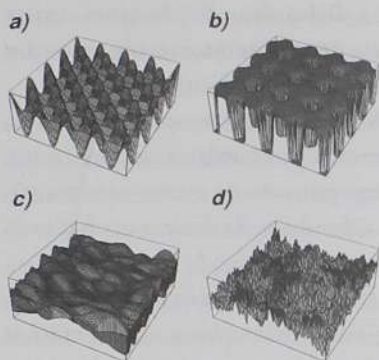


Fig. 2. A y B, realizaciones deterministas. C y D, potenciales aleatorios.

son realizaciones deterministas de potenciales cristalinicos mientras que los casos (c) y (d) son potenciales aleatorios que pueden emular sistemas amorfos con algún tipo de correlación, es decir con algún tipo de dependencia espacial.

En general, las partículas no sólo sienten la presencia de otro tipo de átomos que dificultan su propagación, también están en un medio donde tienen que realizar este proceso difusivo.^{2,4} Esto se puede ejemplificar imaginando que ahora las partículas se tienen que mover sobre alguna superficie, y de aquí se sigue la generalización a tres dimensiones.

Hay diferentes tipos de superficies que se pueden considerar, en los que se puede propagar partículas de tipo browniano; algunos de éstos se esquematizan en la figura 2. Por ejemplo, podemos pensar en la difusión de partículas en superficies cristalinicas, en las que las partículas que se difunden interaccionan con el sustrato, que es espacialmente periódico. En los lugares donde hay pozos las partículas permanecerán un largo tiempo, mientras que logran acumular suficiente energía para poder saltar a otro pozo, la que obtienen a partir de las fluctuaciones térmicas del medio.

Recientes cálculos apuntan a que, dependiendo de cómo interacciona la partícula con la superficie, el movimiento puede ser subdifusivo o superdifusivo.^{3,5} Una generalización más apropiada a las situaciones experimentales está también en pensar que la

superficie es semiordenada (ver figura 2) para dos posibles realizaciones. Es decir, de tipo amorfo que también se le suele llamar "correlacionada" en el ámbito de la probabilidad. En este caso la situación es similar al caso periódico, con la diferencia de que el sistema puede entrar más prontamente en regímenes subdifusivos o superdifusivos, debido a que las partículas encontraran pozos de menos tamaño debido a las fluctuaciones de la superficie. En la medida en que podamos estudiar estos casos se nos abre la posibilidad de acercarnos más a situaciones experimentales mucho más complejas.

El movimiento browniano no es una característica única de partículas inmersas en fluidos, y puede observarse en casi cualquier tipo de movimiento donde existen efectos térmicos a nivel microscópico. Por ejemplo, se presenta en la propagación de partículas, agregados o moléculas sobre superficies sólidas que pueden ser tanto cristalinicas como amorfas⁶. La figura 3 ilustra esto último. Ejemplos en los que este caso es importante pueden ser la difusión electrónica sobre superficies cristalinicas o la propagación de agregados metálicos y orgánicos sobre superficies metálicas, lo cual, finalmente, repercute en la actividad química de una superficie.

Al final, cuando una molécula se deposita sobre una superficie tiende a difundirse por un determinado tiempo mientras que encuentra el denominado "sitio de absorción". Para este caso hay dos nuevos detalles que hay que tener en cuenta. Por una parte, ahora el sistema tiene una masa notable y, por lo tanto, aparecen efectos inerciales que dan mayor interés al problema. Por la otra, el sistema a propagarse puede acoplarse a la superficie. La intensidad de este acoplamiento también es un efecto más a considerar, muy parecido a lo que le hace el líquido a una partícula browniana. Lo que se puede encontrar ahora es que la distancia cuadrática media ya no es proporcional al tiempo, sino que ahora depende de alguna potencia de éste. Cuando dicha potencia es mayor a "1" se dice que el sistema es superdifusivo, mientras que cuando es

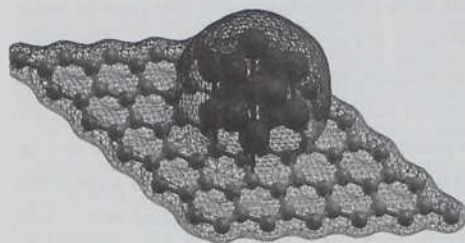


Fig. 3. Agregado molecular depositado sobre superficie de grafito.

menor a "1" se dice que éste es subdifusivo.

El caso superdifusivo ha sido observado en varios campos, como cuando se sigue el vuelo de un albatros o el comportamiento de algunas variables económicas durante un largo tiempo, o cuando se sigue la trayectoria de un agregado metálico depositado sobre una lámina de grafeno, como función de la temperatura, como se representa en la figura 3.

En éste se observa el agregado metálico molecular depositado y que se encuentra difundiendo sobre una superficie de grafito. Incluimos también la superficie molecular. La interacción entre el agregado y la lámina de grafito es muy débil, por lo que se puede comprimir la compleja interacción por un solo parámetro, del mismo estilo de la viscosidad ofrecida por el medio.

Otra generalización interesante es considerar que las partículas ya no son sólo esféricas, sino que tienen formas variadas, como es el caso de bacterias o estructuras más complejas. Por tanto, los "golpes" impartidos por el líquido no sólo hacen trasladarse a la estructura, sino que también la pueden hacer rotar. Esto tiene gran interés porque este acoplamiento de traslación/rotación tiene mucho que ver con un fenómeno químico denominado "quimotaxia".⁷

El hecho es que estas bacterias se difunden a un sitio químico de atracción y, de alguna manera, las bacterias reducen su movimiento a medida

que se acercan a dicho sitio. Por lo tanto, existe una dependencia de su interacción con el medio en función de la distancia al sitio atractor.

Otro problema es cuando se considera la mezcla de dos compuestos. Estos pueden reaccionar o no, pero al final, dependiendo de ciertas características, tenderán a difundirse. Es decir, a ocupar todo el espacio al que tienen acceso.⁸

Esto tiene gran importancia en industrias como la de polímeros, la de metalmecánica, etc. En muchos de estos casos existe la interacción de dos compuestos y la idea es desarrollar métodos para que el mezclado sea más homogéneo o sea más rápido. En cualquier caso, el sistema se puede reducir a considerar partículas que se pueden mover dentro de otras debido a la temperatura y especialmente a la aplicación de alguna fuerza externa, como la gravitacional. El objetivo básico aquí es encontrar cómo debe ser la forma de la fuerza externa para que mejoren las condiciones de mezclado deseadas.

Un último problema que nos gustaría indicar, y que recientemente ha llamado bastante la atención, es el estudio de las trayectorias seguidas por partículas cargadas en presencia de potenciales periódicos creados por campos magnéticos.⁹ Dependiendo de la carga, la masa y el potencial, una partícula puede quedarse dando vueltas alrededor de alguno de los pozos de potencial, lo cual cambia enormemente el tiempo que la carga toma para llegar de un punto a otro. En tal situación, el transporte de estas cargas da lugar a un nuevo conjunto de observaciones, y que a su vez han dado lugar también a dos premios Nobel. En su versión experimental, éstas corresponden al denominado "efecto Hall" y al "efecto Hall fraccionario".

AL FINAL

Esperamos que este artículo haya cumplido con el propósito de discutir los argumentos de Einstein en el caso de partículas brownianas, y que haya mostrado la importancia de su trabajo sobre el

tema, tanto en el momento en que fue publicado como en su relación con problemas actuales.

En este artículo sólo hemos discutido aplicaciones de las partículas brownianas en sistemas físicos, pero hay muchos ejemplos en otros campos de la ciencia, como en teoría computacional, análisis de redes, sistemas biológicos, series de tiempo en economía (es una práctica común simular series económicas como trayectorias de partículas brownianas en una dimensión), propagación de información en Internet, fenómenos sociológicos (el escape de una multitud en estado de histeria), crecimiento poblacional, flujo de tráfico vehicular, etc. Y en muchos de los nuevos fenómenos que hoy en día son un reto para los científicos, en los que se estudia la difusión de partículas o de otros sistemas más complejos. El trabajo de Einstein proporciona un fuerte sustento teórico para su futura comprensión.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los profesores José M. Sancho y Ana Lacasta (en España) y a la profesora Katja Lindenberg (en Estados Unidos). Un especial agradecimiento al profesor Cristian Moukarzel (en el Cinvestav-Mérida) por sus excelentes discusiones sobre el tema. Algunos detalles de la vida de Einstein nos fueron dados por el profesor Jairo Giraldo (Universidad Nacional, en Colombia). También queremos reconocer la hospitalidad del Departamento de Química de la Universidad de California, en San Diego, donde varias visitas han dado lugar a interesantes propuestas científicas en el área del movimiento browniano. Aldo H. Romero agradece el apoyo recibido al proyecto por parte de la Universidad de California para México y los Estados Unidos (UC MEXUS) y al proyecto CONACYT México J42647-F.

REFERENCIAS

- ¹ A. Einstein, *Ann. Physik*, vol. 17, p. 549, 1905. Albert Einstein, "Investigations on the Theory of Brownian Movement" (en alemán), ed. R. Fürth, traducción A.D. Cowper (1926, reimpresión 1956); Einstein, *Collected Papers*, vol. 2, 170-82, 206-22.
- ² P. Castiglione, A. Mazzino, P. Muratore-Ginanneschi y A. Vulpiani, "On strong anomalous diffusion", *Physica D*, vol. 134, p. 75, 1999.
- ³ A. M. Lacasta, J. M. Sancho, A. H. Romero y K. Lindenberg, "Sorting on Periodic Surfaces", *Phys. Rev. Lett.*, vol. 94, p. 160601, 2005.
- ⁴ R. Metzler y J. Klafter, "The random walk's guide to anomalous diffusion: a fractional dynamics approach", *Physics Reports*, vol. 399, p. 1, 2000.
- ⁵ J. M. Sancho, A. Lacasta, K. Lindenberg, I. K. Sokolov y A. H. Romero, "Reply to Comment on 'Diffusion on a Solid Surface: Anomalous is Normal'", *Phys. Rev. Lett.*, vol. 94, p. 188902, 2005; "Diffusion on a Solid Surface: Anomalous is Normal" *Phys. Rev. Lett.*, vol. 92, p. 250601, 2004.
- ⁶ W. D. Luedtke y U. Landman, "Slip Diffusion and Lévy Flights of an Adsorbed Gold Nanocluster", *Phys. Rev. Lett.*, vol. 82, p. 3835, 1999. A. R. Bizzarri y S. Cannistraro, "Lévy Statistics of Vibrational Mode Fluctuations of Single Molecules from Surface-Enhanced Raman Scattering", *Phys. Rev. Lett.*, vol. 94, p. 068303, 2005. P. Jensen, "Growth of nanostructures by cluster deposition: Experiments and simple models", *Rev. Mod. Phys.*, vol. 71, p. 1695, 1999. L. J. Lewis, P. Jensen, N. Combe y J. L. Barrat, "Diffusion of gold nanoclusters on graphite", *Phys. Rev. B*, vol. 61, p. 16084, 2000. T. T. Tsong, "Mechanisms of surface diffusion", *Prog. Surf. Sci.*, vol. 67, p. 235, 2001.
- ⁷ D. Bray, R. B. Bourret y M. I. Simon, "Computer simulation of the phosphorylation cascade controlling bacterial chemotaxis", *Mol. Biol. Cell*, vol. 4, p. 469, 1993. F. de Guevara-Rodríguez y M. Medina-Noyola, "Long-time tracer diffusion of nonspherical Brownian particles", *Phys. Rev. E*, vol. 61, p. 6368, 2000.
- ⁸ I. M. Sokolov y A. Blumen, *J. Mol. Liq.*, vol. 86, p. 13, 2000. J. M. Sancho, A. H. Romero, K. Lindenberg, F. Sagues, R. Reigada y A. Lacasta, "Bimolecular reactions in condensed matter: scales of mixing and homogenization", *J. Phys. Chem.*, vol. 100, p. 49, 1996.
- ⁹ A. H. Romero, A. Lacasta, K. Lindenberg y J. M. Sancho, "Particle diffusion of electric charges on periodic magnetic fields", en proceso de elaboración.



INFLUENCIA DE LAS TELECOMUNICACIONES EN EL PROGRESO Y LA CALIDAD DE VIDA

JORGE SUÁREZ

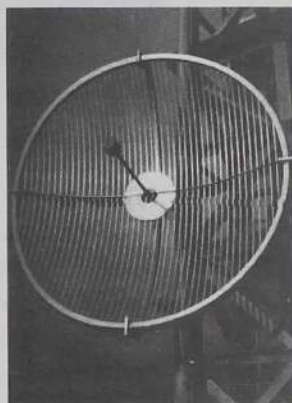
ACTUALMENTE SE RECONOCE Y SE ACEPTA, SIN RESERVAS, QUE LAS TELECOMUNICACIONES constituyen uno de los elementos más importantes para el progreso de las naciones. Es decir, que desempeñan un papel fundamental en su desarrollo económico, científico, tecnológico, social y cultural.

Las telecomunicaciones constituyen la infraestructura de la era de la información y del conocimiento. En la actualidad, el comercio y la industria, sean financieros o manufactureros, están inmersos en una intensa competencia mundial y, por ende, están comprometidos, permanentemente, a ser lo más eficaces y eficientes que les sea posible para poder sobrevivir y progresar en ese ambiente. Aun cuando las telecomunicaciones no son una panacea, pueden contribuir en forma importante para mejorar la productividad en estas áreas, como también en otras.

Las telecomunicaciones se han vuelto un factor operacional de producción y ventaja competitiva para la industria, el comercio, la educación, los servicios médicos, la cultura, y para satisfacer la demanda creciente de servicios cada vez más sofisticados de la sociedad moderna.

Estamos viviendo una época notable por la rapidez con que suceden y se difunden los descubrimientos científicos, las innovaciones tecnológicas, y por las formas diversas y novedosas en que se manifiesta la creatividad humana. Nunca, en épocas pasadas, se había visto y aprendido tanto en lapsos tan cortos. Y todo esto es una consecuencia directa de la revolución que están causando las tecnologías, cada vez más notables y avanzadas, de las telecomunicaciones y la telemática. Además, es evidente que por estos avances científicos y tecnológicos estamos inmersos en una transformación social de gran trascendencia. En los últimos años, los estudiosos de este cambio social han comenzado a examinar su forma y sustancia y a predecir posibles consecuencias para la existencia del género humano.

México requiere una infraestructura amplia y moderna de telecomunicaciones que satisfaga plenamente sus necesidades actuales de comunicación y procesamiento de la información, y que contemple



Fotos: Investigación Internet y archivo Cinvestav.



La enorme potencialidad de las telecomunicaciones y la electrónica puede coadyuvar a la solución de varios problemas de nuestro país.

una expansión dinámica capaz de satisfacer los requerimientos futuros previsibles. Infraestructura que deberá planearse y construirse utilizando las tecnologías más avanzadas en el ámbito mundial, con objeto de que se pueda interconectar fácilmente y sin problemas con las de los demás países, para favorecer el intercambio cultural, científico, tecnológico y comercial con ellos.

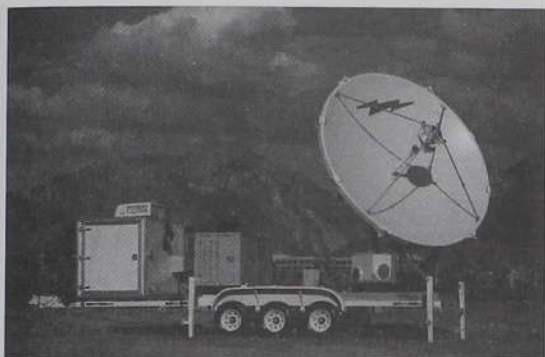
Con los avances tan formidables que han tenido en los últimos años las tecnologías de las telecomunicaciones, la electrónica y la informática se pueden establecer redes inteligentes telemáticas con gran capacidad de transporte y manejo de informaciones de todas clases. Por medio de éstas se podría suministrar una variedad muy amplia de productos culturales y de servicios, para satisfacer las necesidades de la sociedad moderna, lo cual lograría que las comunicaciones a distancia se volvieran tan prácticas y eficaces como las que se realizan directamente, "cara a cara".

La enorme potencialidad de las telecomunicaciones, la electrónica y la telemática, podría coadyuvar intensa y eficazmente en la solución de varios de los problemas graves que aquejan a nuestro país, y a muchos otros, lo cual lograría que mejorara notablemente la calidad de vida de toda la sociedad. Me referiré aquí a algunos ejemplos, ya que no es posible abarcar todos los casos. Comenzaré con algunos de los problemas graves de las grandes urbes. Para ello es conveniente revisar, aunque sea

sucintamente, ciertos aspectos de la historia de las ciudades, para entender sus orígenes, sus funciones y su papel en el progreso de la civilización.

Algunos de los propósitos fundamentales de los primeros asentamientos humanos fueron los mismos que los de las ciudades actuales: los deseos de la gente de estar cerca unos de otros para comunicarse con mayor facilidad y para incrementar las probabilidades de lograr transacciones mutuamente satisfactorias. De este modo se logra estar geográficamente cerca de gran variedad de oportunidades concentradas en la ciudad. Así, el local y el inmigrante tenían más posibilidades de aprender cosas útiles para aumentar sus ingresos y para mejorar su modo de vida; a la vez, podían conectarse con la compleja red social, económica, política y cognoscitiva que comprende la sociedad urbana. De esta forma, en el pasado, la ciudad tuvo gran trascendencia en la cultura humana. La concentración y convivencia de gente de talento tuvo efectos de reacción en cadena, que generó nuevas y trascendentes ideas, así como actividades importantes que hicieron evolucionar geométricamente la cultura.

Sin embargo, cuando las ciudades crecen desmesuradamente la mayor parte de esas facilidades y atractivos se pierden. Las distancias cortas se vuelven equivalentes a densidades de población tan altas que obstruyen las interacciones entre sus miembros; estas densidades inevitablemente están asociadas con considerables costos: congestión y molestias



Gracias a los avances tecnológicos se pueden establecer redes inteligentes telemáticas.

en general. La cercanía y el contacto personal que buscaba la gente, y que obtenía durante algún tiempo, ya no se logran. A pesar de la contigüidad en que viven, cada vez experimentan mayor aislamiento y se vuelve más difícil el trato personal cara a cara. Con todo, a lo largo de la historia vemos que ha habido, y sigue habiendo hasta nuestros días, una tendencia mundial a concentrarse en las ciudades, convirtiéndolas, con el tiempo, en megalópolis.

De este modo, desde hace varios años, con el crecimiento exagerado de muchas ciudades, como la Ciudad de México con sus zonas conurbanas, los problemas del desarrollo urbano se han complicado enormemente. Y esto ha avanzado hasta el grado de que algunos de ellos, como el del transporte de personas o de materiales, y particularmente los congestionamientos de tránsito que generan la contaminación atmosférica que nos envenena a todos, amenazan con volverse insuperables para las técnicas tradicionales.

Este problema de la circulación vial de vehículos en las grandes ciudades se va complicando más y más debido al incremento desmesurado de población y, por ende, de vehículos. Se planean y construyen enormes y costosas "vías rápidas" de circulación, con la esperanza de solucionar el problema y lograr que el tránsito sea fluido. Y la verdad es que esas vías se saturan rápidamente y la situación continúa agravándose, sin solución posible con los métodos inveterados. Urge investigar nuevas

opciones, apoyadas en tecnologías modernas, avanzadas, que ayuden a resolver todos estos problemas sociales y urbanos que no se han podido resolver con los métodos tradicionales.

Con toda esa efervescencia en los campos científicos, tecnológicos y sociales causa extrañeza que en el campo de la planeación urbana no se vean grandes cambios. Por ejemplo, se han realizado pocos intentos para analizar el impacto que pueden tener las tecnologías modernas avanzadas de las telecomunicaciones en los grandes complejos urbanos de la actualidad y del futuro. Entre la gran cantidad de información que examinan y analizan los urbanistas le han dado muy poco reconocimiento a la influencia que tendrían esas tecnologías de las telecomunicaciones y la telemática para lograr mejores modos de vida humana.

Los planeadores profesionales persisten, hoy en día, en predicciones convencionales sobre el uso futuro de la tierra y el movimiento de población, sin un examen idóneo de las repercusiones que tendría para la sociedad, y el desarrollo urbano de las grandes ciudades, el nuevo conjunto de variables que pueden introducir las telecomunicaciones modernas utilizadas de acuerdo con una planeación integral. Del mismo modo, cuando se discuten los problemas de la ciudad, tales como los de la circulación vial de vehículos, los congestionamientos de tránsito y el de la contaminación atmosférica que producen y que, como decíamos antes, nos envenena a todos, generalmente se enfocan en el transporte, como si ésta fuera la única opción. Esto se debe a que las técnicas más conocidas y tradicionales, así como que gran acervo de conocimientos y experiencias acumulados durante largo tiempo y fácilmente al alcance de las personas que toman las decisiones, son las del transporte. Sin embargo, el mismo transporte depende, en gran medida, en la actualidad, de las telecomunicaciones. Y éstas, con sus nuevas tecnologías avanzadas, están cada día más aptas para servirle como complemento, no sólo reduciendo el número de viajes, sino facilitando los que se tengan que hacer me-



Las estructuras de telecomunicaciones están íntimamente relacionadas con el desarrollo habitacional.

diente la mejor coordinación de los sistemas de transporte. Más aún, las telecomunicaciones están aptas para servirle como sustituto en ámbitos intraurbanos e interurbanos.

Es necesario, como hemos señalado, encontrar opciones viables que ayuden eficaz y eficientemente a solucionar estos problemas que no se han resuelto por medio de métodos y técnicas convencionales, a fin de mejorar la calidad de vida en las grandes ciudades. Indudablemente, una opción viable, desde muchos puntos de vista, incluidos los técnicos y económicos, es la de utilizar en forma integral las enormes potencialidades de las telecomunicaciones y la telemática modernas. Es imperativo que esos amplios recursos sean incluidos en el proceso de la planeación del desarrollo urbano, tomando en cuenta las necesidades locales, regionales, nacionales, así como las conexiones internacionales.

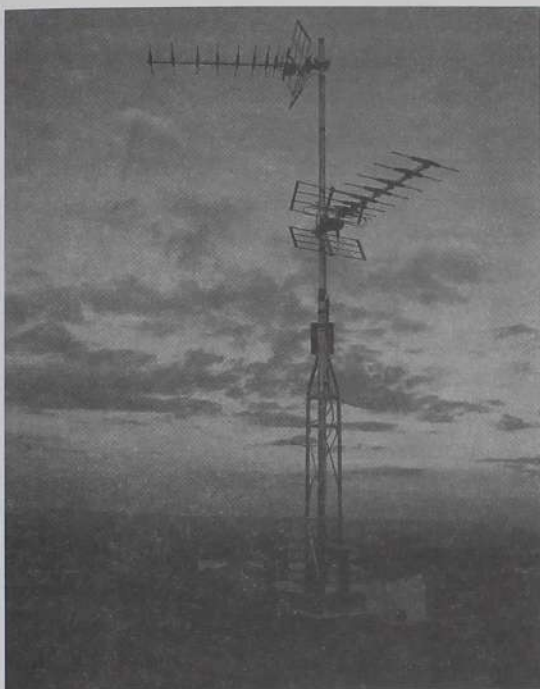
Las estructuras de telecomunicaciones y de telemática están íntimamente relacionadas con el desarrollo habitacional, del transporte y del servicio social, y con la educación, los servicios médicos, la

economía y, en general, con casi todos los demás campos de la actividad humana. Por ello, los sistemas de telecomunicaciones deben ser considerados como componentes fundamentales de la infraestructura urbana, así como de la rural.

Se prevé que las telecomunicaciones y la telemática serán para este siglo XXI más de lo que los automóviles fueron para el siglo XX. En la actualidad, gran parte de las tareas importantes que se realizan en las grandes ciudades implican manejo, almacenamiento y procesamiento de información de muchas clases. Por este motivo día a día aumenta la utilización de computadoras cada vez más poderosas para su procesamiento y ordenamiento; sin embargo, todavía la mayor parte de las ciudades maneja la información en forma local y centralizada. Hace falta intercomunicarlas entre sí, por medio de redes de telecomunicaciones de alta capacidad y adecuadas para ese propósito, con el fin de que presten mejores, más amplios y eficientes servicios a la sociedad.

Esto coadyuvaría a la solución de gran parte de los problemas que agobian a las grandes ciudades o megalópolis, como México con sus zonas conurbanas, en las cuales se podría inducir un cambio en la sociedad, del movimiento lento y costoso de vehículos por el movimiento ágil y rápido de la información a través de las redes de telecomunicaciones. Este cambio evitaría los congestionamientos de tránsito, abatiría la contaminación atmosférica y ahorraría grandes cantidades de energéticos, así como mucho del tiempo invertido en viajar de un lugar a otro de la ciudad, tiempo que se podría utilizar en actividades más útiles o agradables.

Del mismo modo, la descentralización que se ha tratado de llevar a cabo, pero que no se logra en forma efectiva, se podría realizar con relativa facilidad, llevándola hasta sus fases más avanzadas, como son: la dispersión y difusión espacial de servicios, trabajo y facilidades en general, tanto del sector oficial como del privado. Y claro, con todas esas facilidades la gente tendría mayor libertad para escoger el lugar geográfico, donde deseara y le conviniera vivir, sin



Las telecomunicaciones son iconos del siglo XXI.

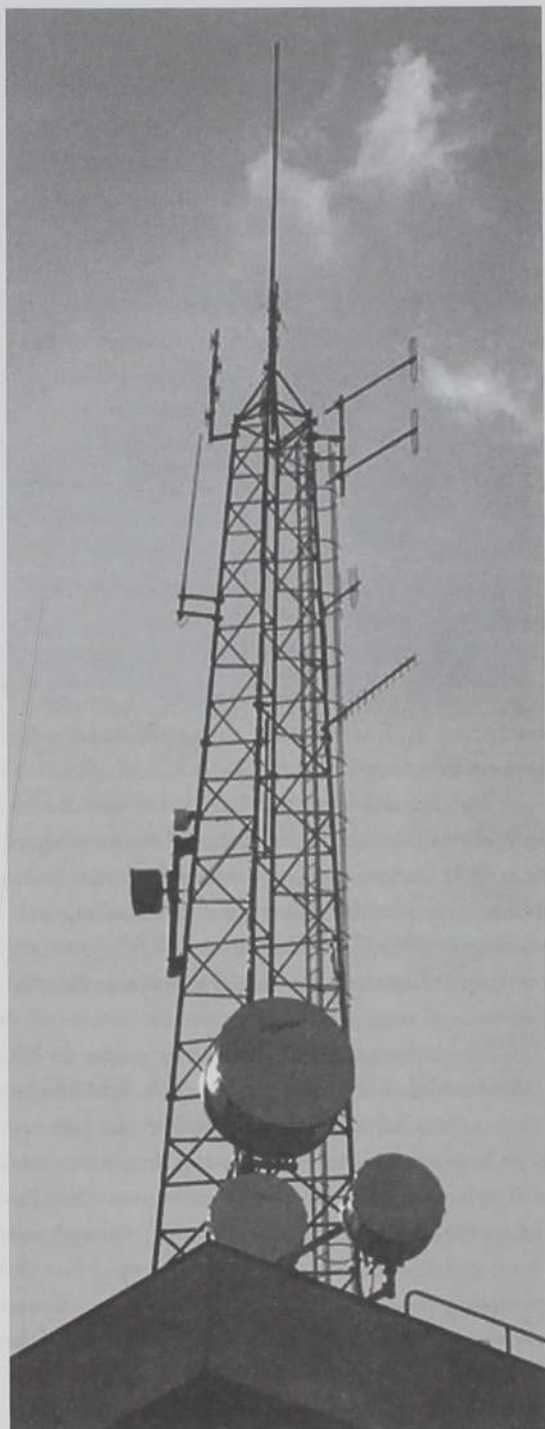
perder facilidades. De esta forma, la dicotomía "urbano-rural" desaparecería de la teoría sociológica. La participación de la sociedad en los modos de vida humana ya no dependería de habitar dentro de un área definida, arbitrariamente, por concentraciones de población o por límites políticos, sino que estaría determinada por el acceso de las personas a las redes de telecomunicaciones.

En el campo de la salud pública uno de los grandes problemas detectados es el limitado acceso a buenos médicos especialistas que, generalmente sólo se encuentran en los grandes centros hospitalarios de ciudades importantes. El tiempo disponible de este escaso número de expertos no alcanza para atender a la gran cantidad de personas que requieren sus servicios, particularmente las que residen en las áreas suburbanas y rurales. El resultado es que muchas personas no pueden recibir la atención médica adecuada. Estas grandes insuficiencias se podrían solucionar ahora, mediante las tecnologías modernas del telediagnóstico y de la telemedicina.

Con la ayuda de las telecomunicaciones, la telemática y los aparatos médicos electrónicos se pueden llevar los servicios de salud de los mejores especialistas del área de la salud hasta cualquier lugar de la República donde se requieran. El uso del telediagnóstico y la telemedicina vendrán a resolver una serie de carencias que poseemos en este campo de la salud pública, tan importante para las personas de nuestro país. Actualmente, incluso, se cuenta con robots que pueden manipularse a control remoto para realizar intervenciones quirúrgicas a distancia, dirigidos por especialistas de los mejores centros hospitalarios de las grandes ciudades. Además, con la ayuda de la informática se pueden establecer enormes bases de datos con informaciones de una gran cantidad de casos médicos, aportados por muchísimos especialistas de todo el mundo. Bases de datos que, bajo ciertas condiciones, podrían ponerse a disposición de médicos localizados en cualquier lugar geográfico, quienes de esa forma podrán ampliar sus capacidades para atender con mayor efectividad a la sociedad.

Podrían darse muchos ejemplos más de las aplicaciones de las telecomunicaciones para beneficio de la sociedad, pero escapa a las intenciones de este artículo que sólo trata de señalar una primera aproximación de lo que se puede lograr con estas tecnologías modernas para mejorar la calidad de vida humana.

Sin embargo, consideramos que uno de los problemas más urgentes por abordar, debido a su importancia capital para el progreso del país, es el de la educación superior. A pesar de que nuestro país destina uno de los presupuestos más elevados del gasto público al sistema educativo, éste es insuficiente para alcanzar una educación superior de excelencia para todos los mexicanos. Esto se debe, primordialmente, a que generalmente se siguen utilizando metodologías de enseñanza-aprendizaje asentadas en principios del siglo XIX y XX, adaptados para una sociedad que evolucionaba lentamente y que, por lo tanto, no son apropiadas para la sociedad actual: dinámica, versátil, acelerada.



Para que nuestro país se desarrolle y progrese convenientemente, en todos los sentidos, se requiere mejorar su sistema educativo utilizando todos los recursos disponibles para llevar a cabo, eficaz y eficientemente, esta importante tarea. Nos referimos particularmente a los recursos de las tecnologías modernas avanzadas, aplicables a la educación, con el fin de que ésta se adapte a la dinámica acelerada de nuestra sociedad moderna y sea, además, un servicio de excelencia en toda la República, y no localizado exclusivamente en sus grandes e importantes ciudades.

Actualmente, los países más avanzados del mundo están empeñados en lograr una revolución de la educación utilizando nuevas y eficientes metodologías basadas en tecnologías avanzadas, aplicables al aprendizaje, las cuales están dando resultados muy alentadores. Se ha comprobado que los estudiantes que aprenden con ellas superan a los que trabajan con metodologías tradicionales. Además, estas nuevas metodologías pueden utilizarse a distancia, evitando que los estudiantes se trasladen a los centros educativos en días y horarios fijos. Los estudiantes pueden aprender en cualquier lugar geográfico y en los tiempos personales disponibles, evitando traslados innecesarios. Con ello, la educación dejaría de ser presencial y sincrónica, reduciendo su costo, tanto para el Estado como para los mismos estudiantes, volviéndose más eficiente y accesible para un número mayor de ellos.

En este sentido, es posible observar que durante los últimos años han emergido y seguirán en el futuro, gran variedad de ambientes de aprendizaje, apoyados en tecnologías avanzadas y novedosas, particularmente las desarrolladas a partir de las telecomunicaciones, la telemática, la electrónica, los simuladores electrónicos y las técnicas de visualización, así como las de ambientes virtuales (o de realidad virtual). Actualmente, se están utilizando conceptos tan modernos y avanzados como "hiperaprendizaje", que no se reduce a un simple proceso instrumental, sino que abarca un universo de nuevas ideas y tecnologías que poseen, mejoran

en incrementan la inteligencia y desarrollan la imaginación y la creatividad de los sujetos.

El “hiper” en hiperaprendizaje” se refiere a un grado sin precedente de interconectividad de conocimientos, experiencias, medios y cerebro (de ambas clases: humano y no humano), y no sólo a la extraordinaria rapidez y alcance de la tecnología de la información. El aprendizaje, en “hiperaprendizaje”, se refiere a la transformación de conocimientos, comportamientos y desempeños a través de la experiencia, significando en este contexto que va más allá de la educación tradicional o el entrenamiento.

En este contexto, entendiendo y asumiendo que la revolución tecnológica es inevitable y que está ocurriendo ya, es importante reconocer que cada elemento de la infraestructura tecnológica del “hiperaprendizaje”, comprendido como las capacidades explosivas de las herramientas inteligentes y las facultades crecientes que se desarrollan en interacción con las telecomunicaciones digitales de banda ancha, aunado a la rápida fusión de estas tecnologías en el ambiente integrado llamado “ciberespacio” están hoy en plena expansión, alcanzando, seguramente, mayor ímpetu en este siglo XXI.

En un futuro próximo los estudiantes que no sufran impedimentos severos podrán acceder y aprender múltiples conceptos, procedimientos, metodologías, etc., al más alto nivel, en cualquier lugar geográfico donde se encuentren y en los tiempos que tengan disponible para ello. Actualmente disponemos de cantidades masivas de conocimientos que pueden ser de fácil acceso a los estudiantes por medio de las redes digitales de telecomunicaciones modernas. Sin embargo, uno de los problemas fundamentales a resolver es el de cómo lograr que los estudiantes digieran y aprovechen esos conocimientos con facilidad y rapidez. La clave es, también, la tecnología avanzada: los simuladores electrónicos, las técnicas de visualización científica y los ambientes virtuales, que son medios efectivos para lograrlo.

En este sentido, en la medida en que aceptemos, como personas interesadas en esta actividad,

que los estudiantes aprendan en forma eficaz y eficiente, asumiendo la responsabilidad de participar y contribuir en esta importante tarea de habilitarlos al más alto nivel, con el fin de capacitarlos para servir de forma amplia y eficiente a la sociedad y a su país, deberemos inventar sistemas educativos modernos más eficientes que los actuales, que estimulen a los estudiantes a superarse, adquiriendo las más amplias competencias en el campo de acción de cada uno de ellos.

Por lo anterior, si aceptamos la importancia que tiene la participación directa, inmediata y activa, como proceso fundamental del aprendizaje, debemos ver el desarrollo de los medios tecnológicos modernos de las telecomunicaciones, la telemática, la electrónica, etc., con gran entusiasmo y esperanza para coadyuvar a mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes de nuestro país.

IMÁGENES

www.rtve.es
www.ibisat.com
www.tespana.es
www.policeandsecuritynews.com



LAS GLACIACIONES, EL DIÓXIDO DE CARBONO Y EL CALENTAMIENTO GLOBAL

MARTÍN MEDINA-ELIZALDE

ESTAMOS VIVIENDO EN UN PERIODO CLIMÁTICO PARTICULAR, QUE SE inició hace 10,000 años (ka) y constituye la fase cálida de la última glaciación. Las glaciaciones son ciclos climáticos que han tenido una duración de varias decenas de miles de años caracterizados por una fase cálida, llamada “intervalo interglacial”, y una fría o “intervalo glacial”.

Durante el último periodo glacial, hace ~20 ka, grandes extensiones de América del Norte, Europa y Asia estaban cubiertas por casquetes de hielo de hasta cuatro kilómetros de altura (figura 1). Estos casquetes han desaparecido en su mayor parte, permaneciendo únicamente el que cubre Groenlandia, el cual tiene una altura promedio de 2.3 km. En los últimos dos millones de años (Ma) se han producido alrededor de treinta glaciaciones y tan sólo durante el 10% de ese tiempo la Tierra ha disfrutado de un clima interglacial como el actual. Estamos viviendo tiempos peculiares.

Descifrar la causa y los mecanismos que han regido la evolución del clima es uno de los mayores retos que enfrentamos los científicos y es una tarea revestida de especial interés a la luz del actual calentamiento global. La década de 1990 y los primeros años del siglo XXI han sido los más cálidos registrados instrumentalmente desde 1861 y documentados por reconstrucciones paleoclimáticas de los últimos 2 ka.¹

Todo parece indicar, como concuerdan expertos y sugieren varias líneas de evidencia, que este calentamiento está siendo desencadenado por la emisión antropogénica a la atmósfera de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases de efecto invernadero.² Más aún, en este trabajo presento información reciente que sugiere que el CO₂ atmosférico ha estado implicado en las glaciaciones y que incluso ha representado el principal conductor del clima tropical durante al menos los últimos 2 Ma.

En este espacio doy a conocer también algunas respuestas climáticas observadas relacionadas con nuestras emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, así como lo que nos anuncian las predicciones basadas en el registro paleoclimático y en estudios de modelación climática más recientes.



LOS REGISTROS PALEOCLIMÁTICOS DE ISÓTOPOS DE OXÍGENO ($D^{18}O$)

Una gran parte de lo que sabemos sobre magnitud, duración y periodicidad de las glaciaciones proviene de mediciones de isótopos de oxígeno en foraminíferos³ fósiles (fig. 2) extraídos de registros sedimentarios del fondo oceánico. La razón de dos isótopos de oxígeno, el ^{18}O y el ^{16}O , en un carbonato precipitado orgánicamente (e.g. por una almeja o un foraminífero) o inorgánicamente, disminuye al incrementarse la temperatura del agua en la cual el carbonato es precipitado.

Por cuestiones analíticas, la razón $^{18}O/^{16}O$ es denotada en referencia a un estándar, y en notación delta, por mil ($d^{18}O$).⁴ El cambio en

$d^{18}O$ es una función logarítmica de la temperatura con una pendiente, en un rango de temperaturas oceánicas de -2 a 30 °C, de entre -0.2 y -0.25%.⁵ El contenido de $d^{18}O$ de un foraminífero fósil no refleja únicamente la temperatura del agua en el momento de calcificación sino también la composición promedio oceánica de $d^{18}O$, la cual varía en función del volumen de hielo continental.⁶ En la figura 3 se presenta un registro de referencia de $d^{18}O$ producido a partir del análisis de foraminíferos bentónicos en registros sedimentarios extraídos en el Pacífico tropical este.

La variación de $d^{18}O$ en este registro refleja cambios en la composición oceánica de $d^{18}O$, principalmente, y en la temperatura del océano profundo. Este registro nos revela la ocurrencia



de alrededor de treinta glaciaciones en los últimos 2 Ma. La frecuencia de estos ciclos climáticos ha variado en el tiempo y representa la clave más importante para discernir la causa o los desencadenantes de las glaciaciones.

LA TEORÍA DE MILANKOVITCH Y LA FRECUENCIA DE LAS GLACIACIONES

La teoría formal que ha orientado las ideas, cual brújula apuntando siempre al norte, sobre la causa de las glaciaciones, es la planteada por el matemático serbio Milutin Milankovitch (1879-1958).

Su teoría, conocida como "Teoría astronómica de las edades de hielo", propone que las glaciaciones

son causadas por una disminución en la intensidad solar de verano en las altas latitudes del hemisferio norte, debido a las variaciones en los parámetros orbitales de la Tierra. Cuando la radiación de verano disminuye, pensó Milankovitch, ocasiona una disminución en el derretimiento del hielo y, por lo tanto, el balance anual de hielo se vuelve positivo, conduciendo a la expansión glacial.

El problema fundamental con esta propuesta es que predice que las glaciaciones deberían tener una periodicidad constante de 23 ka, ya que la radiación solar en verano ha variado con esta periodicidad durante los últimos 2 Ma.⁷ En tiempos de Milankovitch todavía no existían registros de isótopos de oxígeno ni depósitos glaciares fechados.

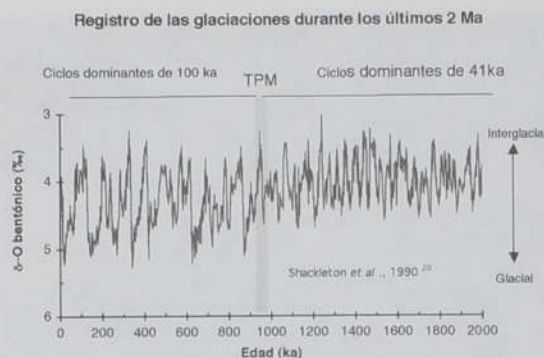


Fig. 3.

Los registros de $\delta^{18}\text{O}$ de foraminíferos disponibles en la actualidad sugieren que la periodicidad dominante de las glaciaciones (e.g. volumen de hielo, temperaturas oceánicas y atmosféricas) cambió de 41 ka, característica del Pleistoceno temprano, de 1.0 a 2.0 Ma antes del presente (a.p.), a ~100 ka durante el Pleistoceno medio y tardío (de 10 ka a 1 Ma a.p.). Esta transición en la periodicidad de las glaciaciones es conocida como "Transición del Pleistoceno medio (TPM)".

La teoría de Milankovitch ha sido reformulada actualmente para explicar la TPM. En la reciente formulación, sugerida por algunos científicos, las glaciaciones fueron moduladas por variaciones en la oblicuidad de la Tierra (periodo de 41 ka) durante el Pleistoceno temprano, y por el efecto de la excentricidad sobre la radiación solar de verano (periodo de 100 ka)⁷ después de la TPM. El problema fundamental de esta propuesta es que el efecto de la excentricidad sobre la radiación de verano es sumamente pequeño en comparación con la magnitud de los cambios de esta radiación en sí.

Más importante aún, reconstrucciones paleoclimáticas recientes han comenzado a girar la brújula, fija por tanto tiempo en el norte, hacia el sur, hacia las regiones tropicales del planeta.

Evolución de temperaturas superficiales del Pacífico ecuatorial occidental y oriental durante los últimos 450 ka

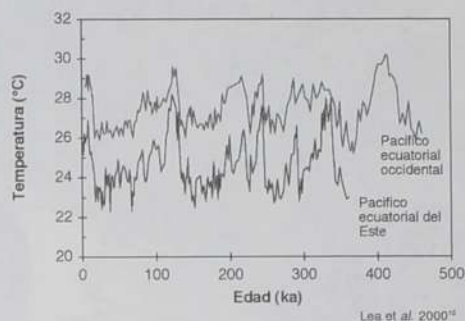


Fig. 4.

EL PAPEL DE LOS TRÓPICOS EN LAS GLACIACIONES

Hasta hace unos cuantos años era una idea generalizada entre los paleoclimatólogos que las zonas tropicales habían permanecido estables durante las glaciaciones, o experimentado una disminución en la temperatura, de 1 °C como máximo, debido al forzamiento radiativo⁸ negativo de los grandes casquetes polares asentados sobre los continentes, o a retroalimentaciones⁹ disparadas por este forzamiento.

Esta concepción estaba soportada por: 1. el hecho de que la evidencia más tangible de la existencia de las glaciaciones es encontrada en las altas latitudes de América del Norte y en Europa (e.g. depósitos sedimentarios dejados atrás por los glaciares), y 2. por el resultado de modelos que sugerían que los trópicos se habían mantenido cálidos durante el último máximo glacial hace 20 ka.

El desarrollo de la paleotermometría de Mg/Ca en foraminíferos ha revolucionado nuestro entendimiento del clima tropical durante los últimos 2 Ma. La paleotermometría de Mg/Ca se basa en la sustitución endotérmica del Ca por Mg en la calcita de foraminíferos, la cual es favorecida a altas temperaturas. Las ecuaciones de calibración obtenidas a partir de estudios de foraminíferos en vivo y de muestras superficiales de sedimento indican que hay un cambio exponencial en la razón molar de Mg/Ca de ~9% por grado Celsius.

Evolución de la temperatura superficial del Pacífico occidental y oriental durante los últimos 1.3 ka

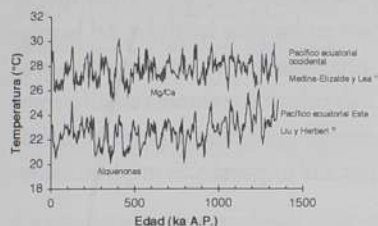


Fig. 5.

David Lea y Dorothy Pak, de la Universidad de California en Santa Barbara, y Howard Spero, de la Universidad de California en Davis, produjeron los primeros registros de paleotemperaturas de Mg/Ca¹⁰ (fig. 4). Lea y colaboradores reconstruyeron la evolución térmica del océano Pacífico ecuatorial oriental y occidental durante los últimos 450 ka a.p. y observaron que el Pacífico tropical participó en las glaciaciones experimentando una disminución de hasta 4 °C durante episodios glaciales. Sus resultados sobre el enfriamiento de los trópicos han sido confirmados en otras regiones tropicales del planeta en estudios posteriores.

Los modelos de circulación general (MCG), con forzamiento radiativo parametrizado para un escenario del último intervalo glacial, sugieren que el efecto radiativo de los glaciales no basta para enfriar las regiones cercanas al ecuador. La disminución de 4 °C en las temperaturas glaciares inferidas a partir de las reconstrucciones de Mg/Ca sugiere que los trópicos no han respondido al efecto directo de enfriamiento de las altas latitudes del hemisferio norte, como se pensaba anteriormente.

Sin embargo, siguiendo con un razonamiento "norte-centrista" de las glaciaciones, el enfriamiento tropical observado podría haber sido el resultado de retroalimentaciones disparadas en primera instancia por las oscilaciones climáticas de las altas latitudes.

Temperaturas en el Pacífico ecuatorial occidental y registro de CO₂ atmosférico durante los últimos 450 ka

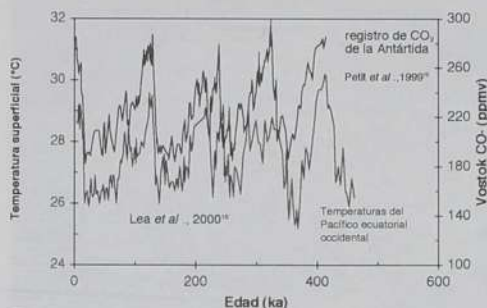


Fig. 6.

No obstante, esta idea es fuertemente cuestionada por reconstrucciones tropicales recientes, las cuales sugieren que los ciclos climáticos en los trópicos preceden a los cambios en el clima de las altas latitudes del hemisferio norte y que han respondido a otro factor: el CO₂ atmosférico.

LA TMP EN LOS TRÓPICOS OCURRIÓ ANTES

Medina y Lea¹¹ han publicado un registro de paleotemperaturas de Mg/Ca de la *warm pool* (piscina cálida) del Pacífico ecuatorial occidental (PEO) que se extiende hasta el Pleistoceno temprano (1.3 Ma a.p.), (fig. 5).

La *warm pool* del PEO es la región oceánica más cálida y térmicamente estable del planeta y es ideal para probar hipótesis que proponen mecanismos de variabilidad climática en los trópicos porque: 1. no está sujeta a influencias oceanográficas regionales, tales como cambios en la profundidad de la termoclina, los cuales controlan las temperaturas del Pacífico ecuatorial este (PEE); 2. se encuentra alejada de la influencia radiativa directa de los casquetes de hielo continental, y 3. responde más directamente al forzamiento radiativo de cambios atmosféricos de gases de efecto invernadero.

El registro de Medina y Lea indica que el PEO también experimentó un cambio en la periodicidad

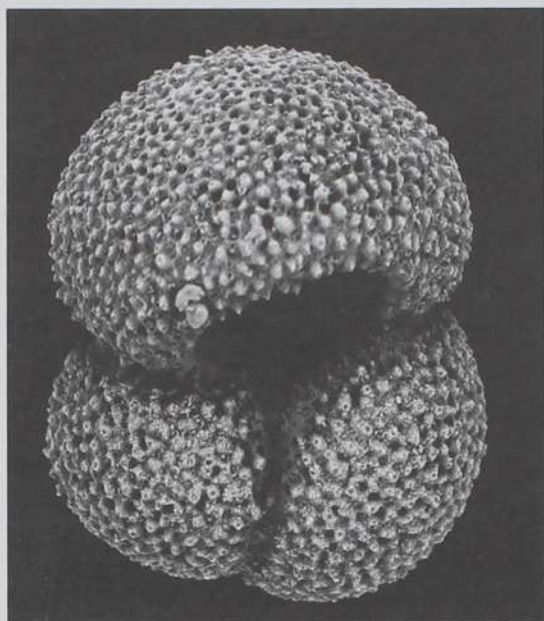


Figura 2. Foto de foraminífero planctónico de la especie *Globigerinoides ruber* utilizada en estudios de referencias 10 y 11, obtenida de:

dad dominante de 41 ka a ~100 ka durante la TPM, semejante a lo observado en las altas latitudes del hemisferio norte. Más aún, estos ciclos en la temperatura del PEO son sincrónicos y tienen una magnitud semejante (~3 - 4 °C) a los observados en el PEE (fig. 5).

La evolución térmica del PEE durante los últimos 1.8 Ma ha sido reconstruida por Zhonghui Liu y Timothy Herbert¹² de la Universidad de Brown, utilizando una técnica independiente: el índice de insaturación de alquenonas¹³. La medición de Mg/Ca y $d^{18}O$, a partir del mismo grupo de foraminíferos, permite calcular la fase entre estas dos señales. Es decir, si el cambio en una de estas señales precede o no al de la otra.

Asumiendo que $d^{18}O$ en un foraminífero planctónico refleja predominantemente cambios en el volumen de hielo continental,¹⁴ los resultados de los cálculos de la fase entre Mg/Ca y $d^{18}O$ a partir del registro del PEO sugieren que los cambios en la temperatura suceden ~5 ka antes que los cambios en el volumen de hielo continental durante el Pleistoceno temprano y ~10 ka antes durante el Pleistoceno medio y tardío.

Esto indica que los trópicos comenzaron a calentarse/enfriarse varios miles de años antes que se observaran cambios en las altas latitudes del hemisferio norte. Esta precesión de las temperaturas tropicales sobre $d^{18}O$ ha sido documentada en diferentes estudios y es asunto de gran debate entre la comunidad científica por sus importantes implicaciones.

LA HIPÓTESIS DEL DIÓXIDO DE CARBONO

La presencia de ciclos de temperatura sincrónicos y con magnitud semejante en los dos extremos del Pacífico ecuatorial, y que preceden a los cambios en las altas latitudes, sugiere que esta variabilidad tiene una causa común: variaciones en el dióxido de carbono atmosférico.

Los registros de la concentración atmosférica de CO_2 y metano, obtenidos a partir del análisis de burbujas de aire atrapadas en el hielo de Antártica, así como el registro de temperaturas atmosféricas derivadas de la razón de isótopos de hidrógeno en el hielo, ofrecen apoyo adicional a la hipótesis del CO_2 .

Estos registros, producidos por Petit y colaboradores,¹⁵ indican que los ciclos de los gases invernadero y de la temperatura sobre la Antártida se correlacionan fuertemente entre sí y son similares a los observados en las altas latitudes del hemisferio norte, lo cual indica una conexión causa-efecto entre los gases de efecto invernadero y la temperatura atmosférica. Más aún, la correlación entre estos registros y los de temperaturas del Pacífico tropical es notable (fig. 6).

Debo recordar que las temperaturas derivadas por Petit y colaboradores provienen del análisis de isótopos de hidrógeno en el hielo precipitado sobre la Antártida, mientras las temperaturas superficiales del agua son derivadas de la relación Mg/Ca presente en organismos planctónicos que habitan en los trópicos.

Finalmente, los seres humanos estamos realizando un experimento que está confirmando las inferencias a partir del registro paleoclimático:

estamos agregando gases de efecto invernadero a la atmósfera y al parecer el clima de la Tierra está respondiendo, como se esperaba.

EL CALENTAMIENTO GLOBAL

La temperatura promedio de la superficie de la Tierra ha aumentado -0.5°C a partir del comienzo del siglo *xx*; y en algunas regiones oceánicas las temperaturas han aumentado hasta 2°C en los últimos 50 años. La variabilidad en las temperaturas globales de los últimos 2 ka se explica a partir de cambios en la intensidad solar o en la actividad volcánica. Sin embargo, el calentamiento global del último siglo es explicado principalmente por variaciones en la concentración atmosférica de CO_2 .

Una forma de estimar el efecto en el clima que tienen los cambios en la concentración de CO_2 es mediante el cálculo de la sensibilidad climática. La sensibilidad climática mide cuán fuertemente el sistema climático de la Tierra responde al duplicar la concentración de CO_2 atmosférico, y a menudo es expresada como el incremento de equilibrio en la temperatura global. Los cálculos disponibles de sensibilidad climática realizados a partir de simulaciones computacionales y de reconstrucciones paleoclimáticas predicen un cambio de temperatura de equilibrio global de entre 2 y 11°C , como resultado de doblar la concentración atmosférica de CO_2 respecto al nivel preindustrial de 280 ppmv.¹⁶ La concentración atmosférica de CO_2 en el año 2004 era de 377 ppmv; es decir, casi 70% del doble de la concentración atmosférica preindustrial (560 ppmv).

¿Por qué la Tierra se ha calentado tan sólo -0.5°C desde principios de siglo *xx*? Una posibilidad es que todavía no ha alcanzado la temperatura de equilibrio debido a un retraso en el tiempo de respuesta de las retroalimentaciones inducidas por el aumento del CO_2 atmosférico. El ejemplo más obvio es la lenta respuesta de los glaciares alpinos y del hielo sobre Groenlandia. Las predicciones indican que a la tasa de repliegue observada en la

actualidad, gran parte de los glaciares alpinos del mundo habrán desaparecido por completo dentro de unas décadas (e.g. el glaciar del Kilimanjaro en África desaparecería en el 2020). De igual manera, el casquete de Groenlandia ha experimentado un deshielo neto anual durante la última década, como revelan estudios realizados por científicos de la NASA.¹⁷

La consecuencia de esta reducción en la extensión del hielo continental es la disminución en la reflexión de la energía solar que alcanza la superficie de la Tierra de regreso al espacio (i.e. albedo), lo que amplifica el calentamiento global. Otra posibilidad es que los aerosoles atmosféricos antropogénicos hayan contrarrestado el efecto de calentamiento en una medida potencialmente significativa. Pero los modelos predicen que este efecto disminuirá respecto al de los gases invernadero, debido a su vida más corta en la atmósfera.¹⁸

El nuevo estado del sistema climático podría no ser de nuestro agrado. Como consecuencia del calentamiento global el casquete de hielo sobre Groenlandia podría derretirse completamente ocasionando un aumento en el nivel del mar de hasta siete metros, inundando extensas regiones costeras del mundo como la Península de Florida, las costas actuales de la Península de Yucatán y muchas islas caribeñas.

Aun cuando no existen fundamentos teóricos para sospechar un aumento en la frecuencia de huracanes, provocados por el calentamiento de los océanos, los climatólogos modernos concuerdan en que este calentamiento ciertamente gestaría huracanes más intensos y con mayor precipitación. Una prueba clara de este fenómeno es la formación en el 2005 de los huracanes Katrina, Rita y Wilma, que alcanzaron la máxima intensidad en la escala Saffir-Simpson, y golpearon las costas de Estados Unidos y de México, ocasionando terribles pérdidas humanas y materiales.

En un estudio reciente sobre el huracán Katrina¹⁹ se encontró una relación estrecha entre la evolución de su intensidad y el patrón de tem-

peraturas superficiales en el Golfo de México. Katrina aumentó de categoría 3 a 5 al cruzar sobre aguas con temperaturas anormalmente cálidas ($>29^{\circ}\text{C}$) en el norte del Golfo de México.

Por otra parte, la cantidad total de vapor de agua en la columna de aire se ha incrementado a una tasa de 1.3% por década. Como resultado de este aumento se pronostican eventos más severos de inundación y sequía, así como mayor precipitación asociada a huracanes. Este aumento se correlaciona fuertemente con las anomalías de temperaturas oceánicas observadas en las últimas dos décadas y concuerda con las predicciones teóricas (la presión de vapor se incrementa exponencialmente con la temperatura).

Es importante reconocer que el sistema climático de la Tierra ha amortiguado nuestras emisiones de gases invernadero a la atmósfera al secuestrar más de la mitad de estas emisiones en el océano profundo; de lo contrario, ya hubiéramos doblado los niveles preindustriales de CO_2 atmosférico. Sin embargo, el registro paleoclimático y los modelos climáticos recientes nos señalan que las perturbaciones modestas en la concentración atmosférica de gases invernadero pueden producir grandes impactos en el delicado sistema climático del planeta.

Las observaciones realizadas hasta la fecha sugieren que la respuesta del clima de la Tierra se agudizará en los próximos años. Esta emisión de gases a la atmósfera, en la que participamos todos, en mayor o menor grado, promete tener, como ya hemos comenzado a observar, fuertes implicaciones sociales, políticas y económicas en "el orden" global actual, como han admitido los líderes de varias naciones.

NOTAS Y REFERENCIAS

- ¹ M. E. Mann y P. D. Jones, *Geophys. Res. Lett.* 30, núm. 15, 2003.
- ² IPCC, 2001, *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/
- ³ Los foraminíferos son microorganismos marinos que tienen una concha calcárea con orificios a través de los cuales se proyectan pseudópodos. Existen ejemplares planctónicos, que viven en la columna de agua, y bentónicos, que habitan en el sedimento del fondo marino.
- ⁴ $d^{18}\text{O} = [(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{muestra}} - (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{estándar}}] / (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{estándar}} \times 1000$
- ⁵ B. E. Bemis y otros, *Paleoceanography* 13, 150, 1998.
- ⁶ La composición oceánica de $d^{18}\text{O}$ cambia en el tiempo debido a que existe un fraccionamiento isotópico de oxígeno entre el agua y el vapor generado de ella. Durante la evaporación las moléculas de agua que contienen el isótopo más ligero se van preferentemente al estado gaseoso, y durante la precipitación el agua con el isótopo más pesado es llovido preferentemente. Como resultado, el vapor de agua al viajar de los trópicos a las altas latitudes se enriquece en el isótopo más ligero, fenómeno conocido como "destilación de Raleigh". Durante la inserción glacial esta humedad es precipitada como nieve y acumulada en forma de casquetes de hielo continental en las altas latitudes del hemisferio norte, secuestrando grandes cantidades de ^{18}O y aumentando la cantidad relativa de ^{18}O en el océano. Por este motivo, las variaciones en $d^{18}\text{O}$ de foraminíferos observadas a lo largo de un registro sedimentario reflejan cambios en el volumen de hielo continental.
- ⁷ La variación de la radiación de verano, calculada generalmente como la radiación cuando la Tierra tiene la configuración espacial de junio 21, ha variado en función del giro en el sentido de las manecillas del reloj, del eje norte-sur de la Tierra, conocido como "precesión" y con una periodicidad de 23 ka. Precesión tiene un efecto dominante en la cantidad de radiación estacional (e. g. de verano) que incide sobre una determinada latitud únicamente, debido al hecho de que la órbita de la Tierra alrededor del sol es excéntrica. Si fuera circular el efecto de precesión en la radiación estacional sería nulo. La excentricidad de la órbita de la Tierra alrededor del Sol ha variado entre 0 y 5 % de elipticidad en ciclos dominantes de 100 ka. Existe otro parámetro orbital que afecta la cantidad de radiación solar que llega a la superficie de la Tierra, estacional y anualmente: la oblicuidad. La oblicuidad se refiere a la inclinación del eje de la Tierra respecto a una perpendicular a la eclíptica (plano entre el Sol y la Tierra). La oblicuidad ha variado entre ~ 22.5 y 24° con una periodicidad de 41 ka y es responsable de variaciones en la cantidad de radiación solar que llega a una determinada latitud anualmente. La oblicuidad también tiene un efecto sobre la radiación estacional en las altas latitudes, pero es modesto.
- ⁸ Forzamiento radiativo: Un cambio en el balance entre la radiación solar entrante y la radiación infrarroja saliente. Sin forzamiento radiativo la radiación entrante a la Tierra continúa siendo igual a la infrarroja emitida por la Tierra. La adición de gases invernadero atrapa una fracción de la radiación infrarroja, reirradiándola de regreso a la superficie y creando una influencia de calentamiento (i. e. un forzamiento radiativo



positivo porque la radiación solar entrante excederá la saliente). Sin estos gases la temperatura promedio de la Tierra sería igual a 5°C (sin considerar el albedo) en lugar de 15°C , la cual es la temperatura promedio.

⁹ "Retroalimentaciones" son mecanismos que aumentan (positivas) o disminuyen (negativas) el efecto de cambio de uno de los factores que conducen al sistema climático. Como ejemplo: Un aumento en la temperatura de la atmósfera, como resultado de un incremento del CO_2 atmosférico, incrementa la cantidad de vapor de agua en la atmósfera, el cual, al ser también un poderoso gas de efecto invernadero, contribuye a aumentar aún más la temperatura atmosférica.

¹⁰ D. Lea y otros, *Science* 289, 1719, 2000.

¹¹ M. Medina-Elizalde y D. Lea, *Science* 310, 1009, 2005.

¹² Z. Liu y T. Herbert, *Nature* 427, 720, 2004.

¹³ Esta técnica se basa en la dependencia en la temperatura de la razón de metilcetonas insaturadas de 37 carbonos con doble y triple enlace.

¹⁴ J. F. Adkins y otros, *Science* 298, 1769, 2002.

¹⁵ J. R. Petit y otros, *Nature* 399, 429, 1999.

¹⁶ D. A. Stainforth y otros, *Nature* 433, 403, 2005.

¹⁷ W. Krabill y otros, *Science* 289, 428, 2000.

¹⁸ M. O. Andrae y otros, *Nature* 435, 1187, 2005.

¹⁹ R. Scharroo, *EOS* 86, núm. 40, 2005.

²⁰ N. J. Shackleton y otros, *Trans. R. Soc. Edinb. Earth Sci.* 81, 251 1990.

Figura 1. Distribución de los glaciares en el hemisferio norte durante el

último máximo glacial, obtenida de: <http://www.johnstonsarchive.net/other/earthiceage.jpg>

ILUSTRACIONES

www.math.unifi.it

www.nasa.gov

www.concreteutopia.com

www.soton.ac.uk



LA UNIDAD MÉRIDA DEL CINVESTAV: 25 AÑOS DE HISTORIA

EL ORIGEN

A CASI 20 AÑOS DE SU DESARROLLO EN LA CIUDAD DE MÉXICO, EL CENTRO de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) ya tenía la madurez para iniciar un programa pionero en descentralización de la enseñanza y desarrollo de la ciencia, lo cual comenzó a llevarse a cabo en 1980. Así, se creó en Mérida la primera Unidad del Cinvestav, en épocas en la que el director del Centro era el doctor Manuel Ortega. Dicha creación quedó refrendada mediante un convenio firmado el 15 de marzo de 1980 con el doctor Francisco Luna Kan, entonces gobernador del Estado de Yucatán.

La ciudad de Mérida fue fundada en 1542 por el español Francisco de Montejo *el mozo*. La fundación se realizó sobre T'ho, una ciudad prehispánica abandonada, construida por los mayas, cuya civilización contribuyó y continúa formando parte importante de la cultura yucateca actual.

Mérida, la ciudad capital más importante del sureste del país, tenía en 1980 más de medio millón de habitantes y contaba únicamente con dos instituciones de educación superior, la entonces Universidad de Yucatán, ahora Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), y el Instituto Tecnológico de Mérida (ITM). Además, se encontraban en función el Centro de Investigaciones Regionales Hideyo Noguchi (de la Universidad de Yucatán) y el Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán (CICY), organismo que se había establecido apenas un año antes con dependencia directa del sistema SEP-Conacyt (Secretaría de Educación Pública-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). En el Puerto de Progreso, a escasos 30 kilómetros de Mérida, estaba el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Yucalpetén.

FEDERICO DICKINSON
IVÁN OLIVA
MIGUEL ÁNGEL OLVERA
RODRIGO PATIÑO



Fotos: Cinvestav-Mérida.

El Dr. Federico Dickinson Bannack es investigador titular y jefe del Departamento de Ecología Humana, Unidad Mérida. Su correo electrónico es: dickinso@mda.cinvestav.mx

El Dr. Iván Oliva Arias es investigador titular del Departamento de Física Aplicada, Unidad Mérida. Su correo electrónico es: oliva@mda.cinvestav.mx

El Dr. Miguel Ángel Olvera Novoa es investigador titular del Departamento de Recursos del Mar, Unidad Mérida. Su correo electrónico es: molvera@mda.cinvestav.mx

El Dr. Rodrigo Tarkus Patiño Díaz es investigador adjunto del Departamento de Física Aplicada, Unidad Mérida. Su correo electrónico es: rtarkus@mda.cinvestav.mx

Los doctores Oliva y Olvera son fundadores de la Unidad Mérida del Cinvestav, ellos ingresaron originalmente como auxiliares de investigación.



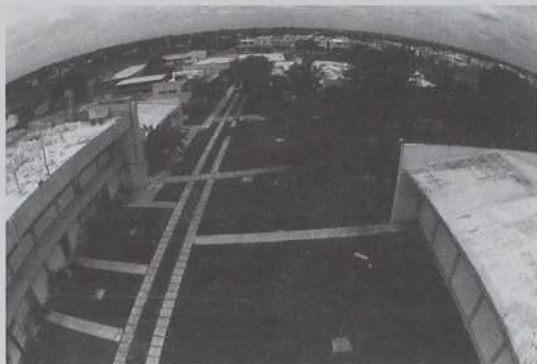
Dentro de este ambiente académico, la incipiente Unidad Mérida del Cinvestav inició sus actividades en una casa-habitación rentada, ubicada en la calle 82 (entre las calles 65 y 67) del centro de Mérida, muy cercana al Parque Zoológico del Centenario. Era una construcción departamental de dos plantas, con cuatro habitaciones y un pequeño patio trasero con una piscina. Hasta el día de hoy puede verse en la alta barda frontal de esta casa la sencilla placa de aluminio con la leyenda "Centro de Investigación y de Estudios Avanzados", escrita de puño y letra por uno de los empleados fundadores como referencia para los visitantes, debido a que no se podía ver a través del portón metálico que salvaguardaba la casa.

El doctor Alonso Fernández González fue designado director-fundador de la Unidad por su amplia experiencia académica y administrativa, pues había sido el primer director de la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) en la ciudad de México. El doctor Fernández, aún profesor de la UAM-Iztapalapa, terminaba en 1980 una estancia de investigación en el Hideyo Noguchi de Mérida cuando fue invitado a fundar esta Unidad, lo cual aceptó de inmediato.

A través de una consulta amplia entre los diversos sectores gubernamentales, académicos y privados, la orientación de la Unidad se definió de acuerdo con su situación geográfica y con las

necesidades de la región. Dos grandes áreas de investigación fueron sugeridas entonces para formar los primeros departamentos de la Unidad. Basado en la afinidad marina de la Península de Yucatán, el Departamento de Recursos del Mar surgió con propuestas de trabajo en acuicultura, pesquerías y ecología marina. Por otra parte, el Departamento de Energía se formó para contribuir en el aprovechamiento de la radiación solar y otras fuentes de energía no convencionales. Las primeras investigaciones que se desarrollaron en la Unidad Mérida fueron en acuicultura, por los maestros Cristina Chávez Sánchez y Carlos Martínez Palacios, mientras que en el Departamento de Energía se desarrollaba un proyecto de secado solar de pescado, dirigido por el propio doctor Fernández y el biólogo José Antonio Mendoza.

De esta manera, el edificio rentado no sólo funcionó como sede de la Dirección de la Unidad, sino que también albergó las oficinas administrativas, un taller y los primeros laboratorios en los que se comenzaron las labores científicas. Los baños se convirtieron en laboratorios de análisis químicos, el patio en albergue para las primeras peceras de acuicultura de peces, crustáceos y moluscos, la piscina en un laboratorio para experimentar el diseño de dispositivos movidos con vapor de agua. Estas primeras instalaciones fueron muy pronto rebasadas en su capacidad y resultaron insuficientes para albergar a un número



cada vez mayor de investigadores, personal y los correspondientes laboratorios. En forma simultánea al trabajo de investigación ya se planificaba una nueva sede que, poco después del primer año de funcionar en la casa rentada, fue inaugurada al norte de la ciudad, en el mismo lugar donde todavía continúan las actividades de la Unidad, aunque ya con ciertas limitaciones de espacio.

El Gobierno del Estado de Yucatán donó al **Cinvestav** un terreno de cuatro hectáreas en las afueras del norte de la ciudad, justo en el kilómetro seis de la antigua carretera a Progreso, con el fin de contar con mayor espacio y poder desarrollarse en todos los aspectos. Entre 1980 y 1981 fueron construidos los primeros cuatro edificios de la Unidad y las flamantes instalaciones fueron inauguradas en la tarde del 13 de diciembre de 1981, en presencia de importantes personalidades del Estado, de la **SEP** y del Gobierno Federal, incluyendo al entonces presidente de la República, el licenciado José López Portillo. Una placa colocada en la entrada del edificio B es testigo de esta fecha importante para la vida de la Unidad.

Desde un principio los edificios fueron identificados con letras, prevaleciendo hasta la fecha esta nomenclatura. El edificio A ha albergado la Dirección, las oficinas administrativas, un área de fotocopiado, un salón de juntas y las oficinas de los servicios de apoyo. Una característica

que siempre ha distinguido a este edificio es un jardín central con estanque donde se pueden contemplar peces de diferentes especies y plantas de la región, mientras se escucha el sonido de una pequeña cascada que gusta tanto a empleados como visitantes. Vale la pena comentar que este estanque fue incluido a sugerencia de Cristina Chávez, Carlos Martínez y Miguel Olvera, de la entonces Sección de Acuicultura, quienes se hicieron cargo del diseño y de la supervisión de la obra. Hasta la fecha, el Laboratorio de Acuicultura vigila su operación y mantenimiento para esparcimiento de toda la comunidad.

Además del edificio A se construyeron originalmente otros tres edificios. El edificio B fue construido para albergar la biblioteca, el comedor y el auditorio principal de la Unidad, llamado "Alonso Fernández" desde 1997, en honor al director-fundador. El edificio C tiene dos alas originalmente simétricas, cada una con cuatro laboratorios en la planta baja y oficinas para los investigadores en la planta alta; el ala norte albergaba a los investigadores de Recursos del Mar y el ala sur correspondía a los de Energía. El edificio D fue construido para instalar los talleres de servicios de apoyo que, a lo largo del tiempo, han demostrado su gran importancia para el desarrollo de los trabajos de investigación y de mantenimiento de la Unidad.



EL DEPARTAMENTO DE RECURSOS DEL MAR

Desde octubre de 1980 los entonces maestros en ciencias Carlos Martínez y Cristina Chávez empezaron a trabajar en la naciente Unidad para gestar el Departamento de Recursos del Mar, momento en que se inició el reclutamiento de personal académico y de apoyo. La formalización del mismo fue en septiembre de 1981, con la incorporación del doctor Ernesto Chávez Ortiz como su primer jefe, quien fungió en su cargo hasta 1987. Tres de los actuales investigadores del Departamento comenzaron casi con el nacimiento del mismo: el doctor Luis Capurro Filograsso, oceanógrafo de origen argentino, el joven ingeniero Jorge Euán Ávila, interesado en la dinámica espacial de los ecosistemas costeros y el entonces recién graduado biólogo Miguel Ángel Olvera Novoa, dedicado a los estudios de acuicultura. Los dos últimos se incorporaron en 1981 para apoyar en las labores de instalación del Departamento. El doctor Capurro tenía además el encargo de apoyar la estructuración de la Maestría en Biología Marina, la cual inició sus cursos en septiembre de 1982.

Desde el inicio de las actividades del Departamento, y más activamente a partir de la llegada del doctor Chávez, se incorporaron gradualmente numerosos investigadores y personal de apoyo, la mayoría de los cuales aún forman parte de la plantilla del Departamento. Para 1985 estaban

incorporados: María Eugenia Vega Cendejas, María de los Ángeles Liceaga Correa, David Valdez Lozano, Alejandro Flores Nava y Gerardo Gold Bouchot; dos años más tarde ya se habían integrado Dalila Aldana Aranda, Eucario Gasca Leyva, Silvia Salas Márquez y Daniel Torruco Gómez. Entre 1981 y 1987 la mayoría de los investigadores que carecían de doctorado se incorporaron en programas doctorales. Así, para 1987, aún bajo la guía del doctor Chávez, el Departamento de Recursos del Mar había alcanzado la madurez y masa académica necesaria para comenzar su Doctorado en Ciencias Marinas.

EL DEPARTAMENTO DE ENERGÍA

En julio de 1981 el Departamento de Energía comenzó oficialmente sus labores, con la llegada del doctor Héctor Riveros Rotge, quien aceptó ser el primer jefe del Departamento de la Unidad durante un periodo sabático como investigador del Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Junto con los trabajos de secado solar de pescado se concentraron esfuerzos en el desarrollo de un destilador de agua de gran eficiencia (primer trabajo publicado y primera patente del Departamento), así como en el diseño y la construcción de concentradores solares y motores de vapor. En estos proyectos participaron el ingeniero holandés Roeland Roos Karlsen y el yucateco pasante de ingeniería Iván Oliva Arias, quien actualmente es investigador en la Unidad.

Al finalizar su año sabático en 1982 el doctor Riveros regresa al Distrito Federal y José Baldomero Rodríguez Franco, recién doctorado del Cinvestav, toma la jefatura del Departamento. Durante los siguientes años hubo un periodo de incremento de la planta de investigadores y, consecuentemente, una expansión de sus líneas de investigación. Varios investigadores dirigieron las acciones del Departamento: los doctores Vicente Mayagoitia Vázquez (1983), José Antonio Díaz Góngora (1983-1984),

Leonel González Cruz (1984), Salvador Cruz Jiménez (1984-1986) y Roberto Uribe Rendón (1986-1988). Durante estos años se dio inicio a temas de investigación como: celdas solares, física básica y química de materiales, y se abrió también una sección dedicada a estudios habitacionales de la región, con propuestas en materiales y métodos de construcción alternativos. De hecho, dos edificios en la Unidad fueron construidos con paredes y techos con aislamiento térmico, prefabricados de fibra de henequén y poliestireno, con el apoyo del auxiliar de investigación Pedro Castro Borges, quien es actualmente investigador de la Unidad.

En 1985 se inició un Programa de Maestría en Ciencias de la Energía, que sólo funcionó por tres años debido a la poca oferta de alumnos, el escaso interés federal en el apoyo al desarrollo de fuentes alternas de energía y la carencia de especialistas en el tema. En todo caso, se consiguió graduar a cinco maestros, de los cuales cuatro forman parte de la actual planta académica de la Unidad: Román Castro Rodríguez, Máximo Pech Canul, Iván Oliva Arias y Luis Díaz Ballote. Entre 1985 y 1987 el Departamento pasó por una etapa de transición, debido a que la mayor parte de los investigadores provenían de otros centros educativos y de investigación del país y no lograban consolidar su grupo de trabajo, quizá por la insuficiente infraestructura que tenía el Departamento, quizá por el poco interés de iniciar un proceso de desarrollo en su trabajo.

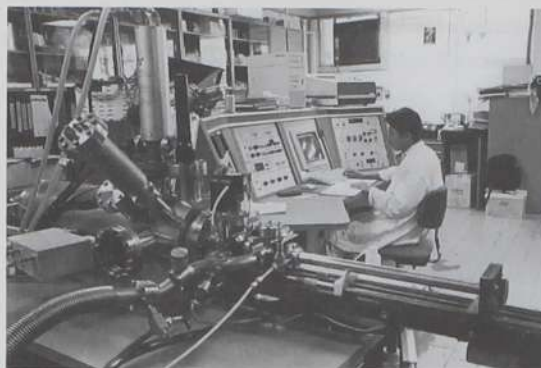
Ya en 1987 el Departamento sufrió una reestructuración al orientar sus esfuerzos a un área de investigación más amplia: la Física Aplicada. Para ello recurrió a la inserción de los doctores Luis Maldonado López, recién egresado de la Universidad Técnica de Aachen, en Alemania, y Juan Luis Peña Chapa, quien llegó, cargando su equipo (literalmente) para análisis de superficies, proveniente de la Unidad Zacatenco del Cinvestav. Luis Maldonado inició una línea de investigación en corrosión, mientras que Juan Luis Peña dirigió sus esfuerzos a la formación de un grupo alrededor de la física del estado sólido con preparación y caracterización de nuevos

materiales, además de fungir como coordinador de la nueva Sección de Física Aplicada. Para 1990, ya con la denominación oficial de Departamento, la maestría con especialidad en Física Aplicada inicia sus actividades después de reestructurarse, con el doctor Maldonado como primer jefe del Departamento.

SECCIÓN DE ESTUDIOS NUTRICIONALES

La Sección de Estudios Nutricionales surgió a partir de una propuesta de profesores de la Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH), que proponía un estudio renovado de la antropología física a través de la interacción humana con su entorno ecológico y social, tomando como base un estudio de población en diversas comunidades de Yucatán. En 1984, los profesores Raúl Murguía Rosete y Federico Dickinson Bannack, junto con la estudiante María Dolores Cervera Montejano, iniciaron la conformación de la mencionada Sección, que muy pronto sobrepasó su área de estudio. Además de la evaluación del estado nutricional de poblaciones pesqueras y ganaderas en Yucatán, en colaboración con el Departamento de Recursos del Mar, se hicieron estudios del impacto socioeconómico sobre la Reserva Ecológica de Celestún y del efecto ambiental en Río Lagartos por cambios en la infraestructura de la Industria Salinera de Yucatán. A este último proyecto se unieron en 1986 los antropólogos Eckart Boege Schmidt y Luisa Paré Oulet, comisionados por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), respectivamente. El médico y maestro en salud pública Gilberto Balam Pereira, proveniente del Instituto Nacional Indigenista, se incorporó al grupo en 1987 con proyectos sobre herbolaria y la relación entre enfermedad y medioambiente.

Durante este proceso la Sección también fue creciendo físicamente con instalaciones, equipo de investigación y personal auxiliar. Además, a través de una cercana interacción con la Sección



de Metodología y Teoría de la Ciencia del **Cinvestav**, y con la visita del doctor polaco Napoleon Wolański, pionero de la ecología humana en Europa, la Sección de Estudios Nutricionales estaba preparada para convertirse en la Sección de Ecología Humana, aprobada oficialmente por la Junta Directiva del Centro en 1987.

LOS AÑOS DE TRANSICIÓN

El doctor Fernández González dirigió la Unidad Mérida hasta finales de 1987, a pesar de las limitaciones físicas que lo acompañaron. Durante este periodo el Departamento de Recursos del Mar se consolidó, el Departamento de Energía comenzó su transformación al de Física Aplicada y la Sección de Estudios Nutricionales se convirtió en la de Ecología Humana.

En este periodo la Unidad Mérida del **Cinvestav** pasó de una propuesta a una forma concreta, primero en una casa-habitación y después en nuevas instalaciones que poco a poco fueron creciendo junto con el personal, los investigadores y los estudiantes. Además, muchos de sus auxiliares de investigación habían obtenido la maestría y otros el doctorado, mientras que se iniciaba un proceso de arraigo de los investigadores provenientes de otros estados del país o del extranjero.

Tras siete años, de empeño en el desarrollo del proyecto de la Unidad, ésta ya tenía la edad

para evolucionar a una siguiente etapa. En este año de transición el doctor Luis Capurro Filograsso, del Departamento de Recursos del Mar, fungió como director de la Unidad Mérida. En diciembre de 1988, siendo director general del **Cinvestav** el doctor Feliciano Sánchez, fue nombrado director de la Unidad Mérida el doctor Juan Luis Peña Chapa, investigador experimental del Departamento de Física Aplicada. Durante esta etapa de la Dirección de la Unidad se construyen varios edificios nuevos para laboratorios y oficinas, así como el campo de fútbol y las canchas de basketbol y voleibol, pensando en las actividades recreativas y deportivas de trabajadores y estudiantes.

El comedor, ubicado originalmente en el edificio B, comenzó a ser insuficiente y a presentar problemas por su ubicación junto al auditorio y a la biblioteca. Durante ese tiempo, el comedor se separaba del recibidor del edificio mediante una pecera de aproximadamente 2 x 1.5 metros de largo y alto, respectivamente, la cual era muy apreciada por todos los comensales. Toda esta infraestructura cedió al paso de la modernidad durante la gestión del doctor Peña como director y se rediseñó el área para albergar, como hasta la fecha, dos aulas de maestría, lo que se conoce como el auditorio B y el grupo de telemática, mientras que el comedor fue reubicado en un local más apropiado.

A lo largo de los años se integraron nuevos edificios, destacándose el G y el H, ambos construidos con un método experimental diseñado por el doctor Fernández para tratar de ahorrar energía, consistente en sustituir los ladrillos o bloques en los muros y las bovedillas de los techos con láminas de poliestireno recubiertas con malla de alambre e inclusive con fibra de henequén. Lo curioso del método es que no se le dio mayor seguimiento y actualmente se usa ampliamente para construcción de muros interiores y techos con mejor eficiencia térmica, sin embargo a nadie se le ocurrió registrar o patentar este método.

Actualmente el edificio G alberga a investigadores de los tres departamentos de la Unidad,



mientras que el H es la sede del Departamento de Ecología Humana. Otros edificios que se han incorporado conforme crecieron los grupos de investigación son el E, el F y el M, los cuales albergan a laboratorios del Departamento de Recursos del Mar.

Es digno de remarcar también aquí la particularidad de los jardines de la Unidad Mérida, concebidos por el doctor Fernández. La belleza de los jardines del Cinvestav en Zacatenco ha sido parte muy importante del Centro y motivo de varios artículos en esta revista, especialmente por su fauna ornitológica. Los de la Unidad Mérida son también jardines hermosos que albergan una variedad representativa de flora y aves de la región. Entre los árboles que pueden encontrarse están la ceiba, considerado sagrado por los mayas, y los flamboyanes, que con sus flores de colores encendidos también adornan las avenidas principales de la ciudad. Además hay numerosos árboles cuyos frutos son aprovechados por la misma comunidad de la Unidad: aguacate, mango, ciruela, guayaba y toronja, entre otros. Se debe mencionar también que en el jardín frontal al edificio G, a iniciativa de investigadores del Departamento de Ecología Humana, fueron sembrados árboles y arbustos con valor etnobotánico por su uso tradicional en las comunidades mayas. Además de pájaros, también es posible encontrar iguanas, una que otra zarigüeya, mariposas y multitud de

insectos. En las frescas noches de otoño se ve el centelleo de algunas luciérnagas coqueteando con las estrellas.

EL DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA HUMANA

Mientras algunos de los investigadores fundadores de la Sección de Ecología Humana dejaron la Unidad Mérida, la mayoría continuaba con su formación académica y otros investigadores nuevos fueron incorporándose. Así, en 1988, Eckart Boege y Luisa Paré volvieron a sus centros de trabajo; en 1989, el maestro Eduardo Batllori Sampedro, egresado del Departamento de Recursos del Mar, se incorpora a la Sección de Ecología Humana, instalando un Laboratorio de Hidrobiología. En 1991 la maestra María Teresa Castillo Burguete, especializada en desarrollo rural, ingresa con un proyecto para el estudio de la participación comunitaria utilizando la investigación participativa. En ese mismo año llega también el doctor inglés John Frazier, zoólogo especializado en tortugas marinas, desarrollando una línea de investigación orientada al estudio del comportamiento animal; y el antropólogo Raúl Murguía se transfiere a la Sección de Metodología y Teoría de la Ciencia del Cinvestav.

Posteriormente, en 1992, llegan de Polonia el doctor Wolański y la doctora Anna Siniarska, con propuestas de la escuela polaca de ecología humana para estudiar procesos de adaptación humana a diversos ambientes naturales y sociales; dos años más tarde, ambos fueron contratados como investigadores regulares. En 1994 se integran otros tres investigadores: la doctora norteamericana Betty Faust Wammack, especialista en el estudio de la cosmovisión maya, particularmente en la forma en cómo esta cultura concibe y usa los recursos naturales, incluyendo el monte, las plantas medicinales y el sistema de milpa; la doctora Ana García de Fuentes, con una línea que relaciona la geografía de ecosistemas y los procesos socioeconómicos del



desarrollo humano y el doctor Heriberto Cuanalo de la Cerda, graduado en edafología en Inglaterra y proveniente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de Campeche, quien propone el desarrollo de modelos agroecológicos para mejorar el cultivo agrícola de los mayas yucatecos.

En 1998, bajo la coordinación de la doctora Faust, se inicia oficialmente el primer programa mexicano de maestría en ciencias con especialidad en ecología humana y la Sección se consolida oficialmente como Departamento de Ecología Humana. Para complementar la plantilla de profesores se incorporaron el maestro Eric Castañares Maddox, proveniente de la Sección de Metodología y Teoría de las Ciencias, y el doctor Salvador Montiel Ortega, quien desde el año 2000 ocupa la plaza que dejó el doctor Frazier. En esta época también la doctora Julia Fraga Berdugo comenzó su labor como investigadora, después de sus actividades como auxiliar de investigación. Desde sus primeros años hasta la fecha el Departamento de Ecología Humana se ha caracterizado por su intervención comunitaria en la región como base primordial de su quehacer científico.

En 2001 el Departamento graduó a la primera maestra en ciencias en ecología humana en el país, y a la fecha otros 18 estudiantes se han graduado en este programa; se espera que muchos de estos graduados contribuyan a expandir los estudios de ecología humana en la Península de Yucatán y el resto del país. En 2005 dos nuevos investigadores se

han incorporado a este Departamento, en sustitución de los investigadores polacos Wolański y Siniarska: el joven doctor Boguslaw Pawlowski, también de origen polaco, quien estudia las bases biológicas del comportamiento humano, especialmente en relación con la producción, y la doctora venezolana Almira Hoogesteyn Reul, cuya línea de investigación es el impacto ambiental de los agroecosistemas y la industria sobre la fauna silvestre. También en 2005, mediante la firma de un convenio con el Instituto Nacional de Salud Pública, el doctor Stephen Rothenberg, experimentado investigador norteamericano especialista en la epidemiología del plomo, se ha unido al Departamento.

EL DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA

La formación en 1987 de la Sección de Física Aplicada marcó el inicio de una fase de transición entre el original Departamento de Energía y la consolidación del Departamento de Física Aplicada. La Sección presentaba dos grandes áreas de investigación: la física del estado sólido, con el doctor Peña Chapa y los jóvenes Román Castro, Iván Oliva y Víctor Sosa Villanueva, y la corrosión, con el doctor Maldonado López y los jóvenes Pedro Castro, Luis Díaz y Máximo Pech. Juan Luis Peña fue coordinador de la Sección durante 1988, pero al ser nombrado director de la Unidad la coordinación recayó en el doctor Luis Maldonado. En 1990 la Sección se consolidó como Departamento, tanto por sus líneas de investigación como por la incorporación de nuevos profesores y por la reapertura de la maestría en ciencias, esta vez con especialidad en física aplicada.

En la búsqueda de la excelencia académica, a través de una convocatoria nacional e internacional, se incorporaron los doctores nativos de Estados Unidos de América, Brian Davies, especializado en materia condensada, y John Wallace, con investigaciones en ciencias de materiales. También ingresaron el químico José Antonio Azamar Barrios,



para dirigir un laboratorio de síntesis química, y los maestros Pascual Bartolo Pérez, en el área de física del estado sólido, y Romeo de Coss Gómez, como teórico de la materia condensada. Un poco más tarde, la plantilla de investigadores se incrementó con un grupo fuerte de investigadores en física teórica, los doctores Rodrigo Huerta Quintanilla, José Mustre de León, Gabriel Pérez Ángel y Mumtaz Zaidi. Así fue posible comenzar en 1993 el doctorado en ciencias con especialidad en física aplicada y física teórica.

En la década de 1990 la jefatura del Departamento estuvo a cargo de Luis Maldonado (1989-1993), Víctor Sosa (1994-1996), Rodrigo Huerta (1996-1997) y José Mustre (1997-2000). En estos años, siempre con el afán de crecimiento y consolidación, los investigadores que se iniciaron con el Departamento terminaron su formación doctoral; al mismo tiempo, se contrataron más investigadores doctorados con diferentes especializaciones en física y química. Los doctores Davies y Wallace dejaron el Departamento pero se incorporaron muchos otros investigadores: Virendra Gupta, de la India, Antonio Bouzas Arteché, de Argentina, y Cristina Vargas González, Francisco Larios Forte y Gabriel Sánchez Colón, nacionales, en el área de física teórica; Patricia Quintana Owen, dedicada al estudio de materiales, Lucien Veleva Muleshkova, especialista búlgara en corrosión, Carlos Ruiz Suárez, investigador

en materia condensada, Juan José Alvarado Gil, con trabajo en física de la materia viva, Guillermo Contreras Nuño, especializado en experimentación con partículas y campos, y Cristian Moukarzel Rodríguez, investigador argentino experto en física estadística.

Al comienzo del nuevo siglo, con Carlos Ruiz como jefe del Departamento (2000-2004), se abrió la especialización en fisicoquímica para la maestría y se formó un grupo de investigación compuesto por 27 profesores con doctorado y posdoctorado, incluyendo al holandés Gerko Oskam y a Rodrigo Patiño Díaz, especialistas en fisicoquímica. En 2002 la calidad del programa de maestría fue evaluada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología otorgándole el Nivel Internacional, el único del área en el sur del país. Desde 2004 Rodrigo Huerta es nuevamente el jefe del Departamento, en el que la totalidad de sus investigadores pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores. Con una productividad anual de más de 40 artículos en revistas de calidad internacional, incluyendo algunos con un impacto impresionante de citación. El Departamento no ha olvidado su tarea en la divulgación científica con su constante participación en las actividades relacionadas. Entre sus investigadores distinguidos se encuentran los doctores José Mustre y Guillermo Contreras, quienes han recibido el Premio de Investigación otorgado por la Academia Mexicana de Ciencias.

LA CONTINUIDAD DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS DEL MAR

Al término de la gestión del doctor Chávez, en 1987, el Departamento estuvo en diferentes periodos a cargo del doctor Juan Carlos Seijo Gutiérrez, los maestros en ciencias Gustavo de la Cruz Aguero, Francisco Arreguín Sánchez y Alejandro Flores Nava, el doctor Gerardo Gold Bouchot y el doctor Miguel Ángel Olvera Nava,



quien es el único jefe del Departamento que ha cubierto dos periodos completos al frente del mismo. En el devenir de estos años, el Departamento se ha enriquecido con la incorporación de nuevos profesores que con sus conocimientos y dinamismo han contribuido a que sea actualmente reconocido como uno de los más importantes de la región y del país en varias áreas del conocimiento en aspectos de ecología marina, biología pesquera y acuicultura. Desde 1989 se han venido integrando gradualmente los siguientes investigadores: Jorge Herrera Silveira, el investigador francés Thierry Brulé Demarest, Omar Zapata Pérez, Uriel Ordóñez López, Pedro Ardisson Herrera, Omar Defeo Gorospe, Daniel Robledo Ramírez, Ernesto Arias González, Víctor Vidal Martínez, Leopoldina Aguirre Macedo, la investigadora española Yolanda Freile Pelegrín y Rossana Rodríguez Canul.

Desde enero de 2005 el doctor Daniel Robledo se hizo cargo del Departamento. Con la reciente inserción del joven doctor Ismael Mariño Tapia, Recursos del Mar cuenta actualmente con una plantilla de 25 investigadores, con una excepción, todos con doctorado. Casi tres cuartos del cuerpo académico forma parte del Sistema Nacional de Investigadores. En estos 25 años el Departamento se ha consolidado de tal manera que su productividad se encuentra entre las más elevadas del Área Biológica del Cinvestav. A manera de ejemplo, durante los últimos tres años, su productividad anual en publicaciones internacionales en revistas de alto impacto se encuentra en alrededor de dos artículos por profesor, mientras que la formación de recursos humanos ha tenido un notable incremento, con un promedio de graduación de 16 alumnos de maestría y 7 de doctorado por año. Los 187 graduados de maestría y 34 de doctorado en 2005, la mayoría involucrados en actividades académicas o en instituciones gubernamentales de la Península de Yucatán y fuera de ella, son la mejor carta de presentación de la dinámica del Departamento y su impacto en la formación de recursos humanos.

25 AÑOS DE HISTORIA

Después del doctor Peña Chapa (1988-1996), la Unidad Mérida del Cinvestav ha sido dirigida por Gerardo Gold Bouchot (1996-2002) y Alejandro Flores Nava (2002-2004), del Departamento de Recursos del Mar. El doctor Iván Ortega Blake, físico investigador del Centro de Ciencias Físicas del Campus Morelos de la UNAM y fundador de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Morelos, se ha encargado de la Dirección desde 2004 y actualmente coordina una nueva etapa de expansión de la Unidad en la que se planean concentrar los esfuerzos de sus tres Departamentos en un nuevo



programa de doctorado orientado a las ciencias ambientales, reafirmando una vez más su vocación inicial de interacción con la región con la que ha crecido.

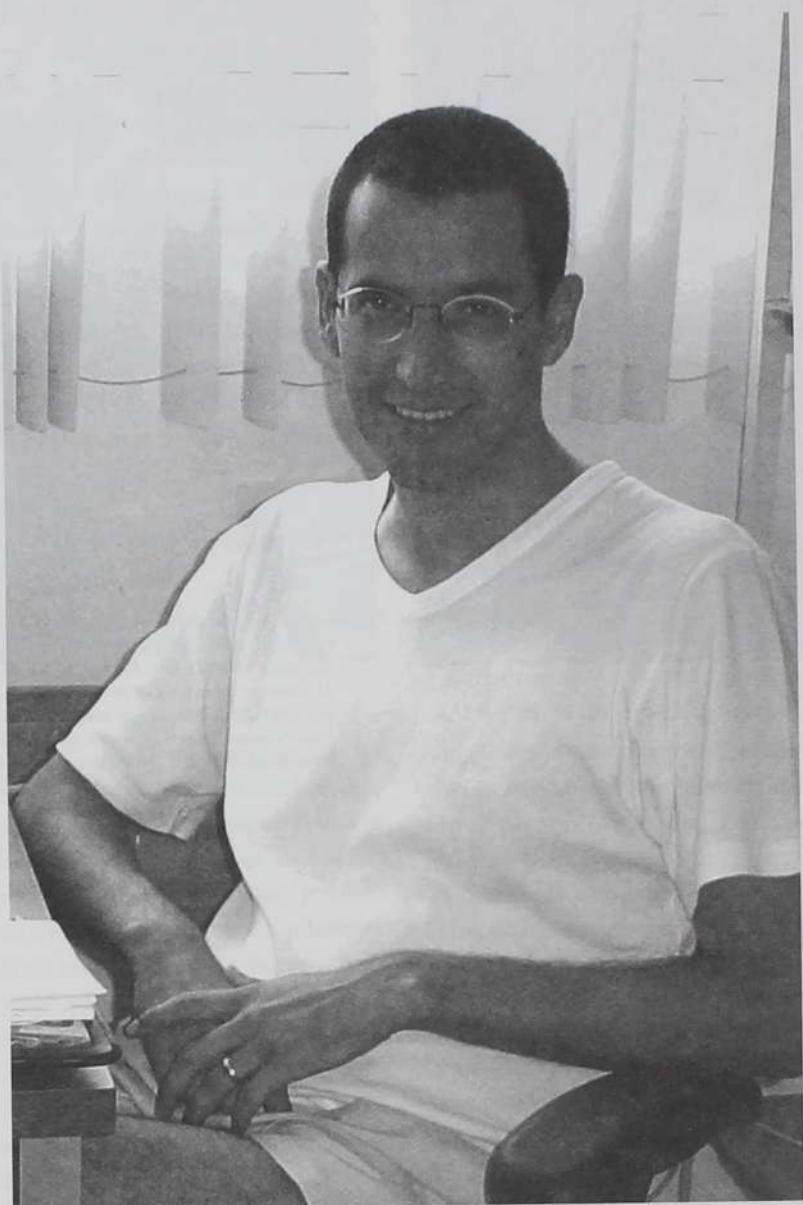
Ya desde el año 2000 era notorio que el espacio físico de la Unidad era una necesidad prioritaria para poder expandir las áreas de investigación y mantener su crecimiento sostenido los siguientes 15 años. Estos sueños comienzan a tornarse realidad, pues el gobierno del Estado de Yucatán ha donado al Cinvestav, en 2005, un nuevo terreno para el desarrollo de su Estación Marina en el cercano puerto de Telchac, al norte de la Península, y ha prometido donar otro terreno significativamente más grande para la sede de las nuevas instalaciones de la Unidad Mérida.

La ciudad de Mérida cuenta actualmente con cerca de un millón de habitantes y las instalaciones de la Unidad han sido ya absorbidas por la

mancha urbana. El turismo ha llegado a formar parte importante de la dinámica de la Península de Yucatán; Mérida ha prevalecido como polo económico, social y cultural del sureste mexicano y se perfila como punto de unión entre nuestro país y el resto de Latinoamérica. La Unidad Mérida ha marcado la pauta por la excelencia en los trabajos de investigación que se realizan y en la formación de recursos humanos, siendo una opción muy eficaz para que los estudiantes de la región realicen sus trabajos de tesis de licenciatura y posgrado en diversas áreas. Con una plantilla de 65 investigadores, 257 graduados en maestría y 54 doctores formados hasta octubre de 2005, la Unidad Mérida del Cinvestav tiene actualmente un presente brillante y un futuro renovador.

REFERENCIAS

Parte de la información contenida en este artículo procede de los textos escritos por los doctores Andrés Oliva, Miguel Ángel Olvera, Luis Capurro y María Dolores Cervera, publicado en el libro titulado *El Cinvestav: trayectoria de sus Departamentos, Secciones y Unidades, 1961-2001*, editado por María de Ibarrola; Pedro Cabrera, René Asomoza, Eugenio Frixione, Augusto García, Miguel Ángel Pérez Angón y Susana Quintanilla. Cinvestav, México, 2002.



Jesús Gulliermo Contreras Nuño

ENTREVISTA CON EL INVESTIGADOR GUILLERMO CONTRERAS

RODRIGO PATIÑO

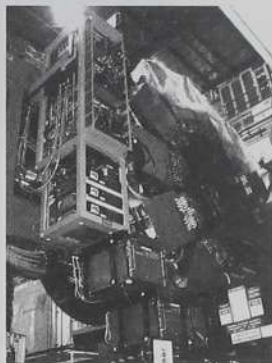
EL 30 DE SEPTIEMBRE DE 2005 LA ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS (AMC)¹ nombró ganador de su Premio de Investigación 2005 en el área de Ciencias Exactas al doctor Jesús Guillermo Contreras Nuño, investigador adscrito desde 1998 al Departamento de Física Aplicada en la Unidad Mérida del Cinvestav. Ya en 1997 este Departamento recibió la misma distinción, recayendo ese honor en otro de sus miembros, el doctor José Mustre de León.

La AMC se creó en 1959, en ese entonces con el nombre de Academia de la Investigación Científica, con la intención de agrupar a los investigadores mexicanos activos en los diversos campos del conocimiento. A partir de 1996, sin dejar de ser una asociación civil independiente, la Academia se convierte en la actual AMC, que ha trascendido por su labor en la difusión, el apoyo y la promoción de la ciencia en el país.

Sus premios de investigación fueron instituidos a partir de 1961 y son la más alta distinción que se otorga anualmente a jóvenes investigadores menores de 40 años y con una trayectoria brillante en las áreas de Ciencias Exactas, Ciencias Naturales, Ciencias Sociales, Humanidades, Ingeniería y Tecnología. Más de 20 investigadores del Cinvestav han sido galardonados en sus diferentes especializaciones. Desde 1997, ininterrumpidamente, al menos uno de los ganadores del Premio de Investigación, en todos los años, representa al Cinvestav.

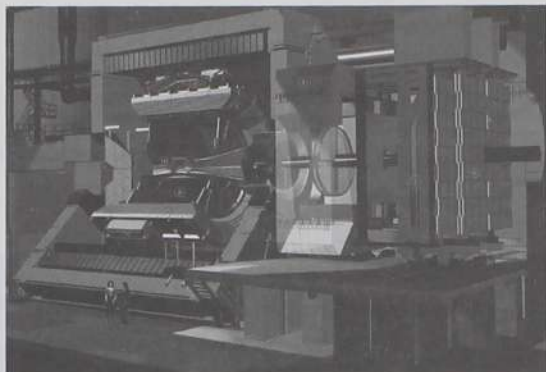
Guillermo Contreras realizó sus estudios de maestría en el Departamento de Física del Cinvestav y se doctoró en la Universidad de Dortmund, en Alemania. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, con nivel II, y en su corta carrera científica ya ha dirigido dos tesis de doctorado (actualmente dirige otras dos), cuatro de maestría y siete de licenciatura. Este año se encuentra realizando su primera estancia sabática en el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN, por su sigla en francés), en la frontera entre Francia y Suiza.

Su labor de investigación está enfocada principalmente en la física de partículas elementales. Aunque para este tipo de investigaciones se requiere un conocimiento profundo de física teórica y matemáticas, los trabajos del doctor Contreras se derivan de resultados experimentales,

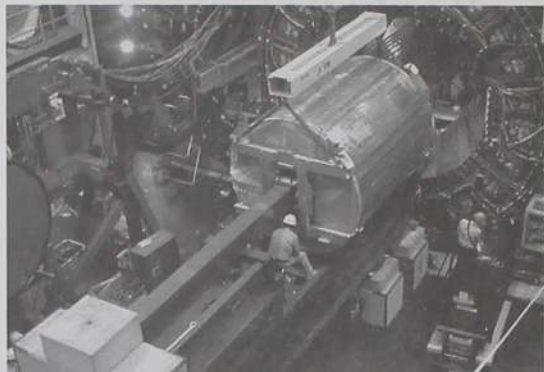


Fotos: Rodrigo Patiño.

El Dr. Rodrigo Tarkus Patiño Díaz es investigador del Departamento de Física Aplicada, Unidad Mérida. Su dirección de correo electrónico es: rtarkus@mda.cinvestav.mx



ALICE, proyecto en el que trabaja actualmente Guillermo Contreras.



utilizando técnicas de detección para estudiar colisiones de electrones con protones, ambos acelerados a energías muy altas. Mediante el análisis del producto de estas colisiones ha sido posible lograr avances en la descripción de la estructura y la dinámica del protón.

Los protones son partículas que forman parte del núcleo de los átomos y que a su vez están compuestos de otras partículas llamadas “quarks” y “gluones”, en constante movimiento y unidos entre sí por la llamada “fuerza fuerte”. Esta fuerza es una de las cuatro conocidas como fundamentales en la naturaleza, junto con la gravitacional, la electromagnética y la conocida como “débil”.

El tipo de investigación que realiza el grupo de G. Contreras es parte de un proyecto de colaboración llamado “H1”, en el que participan 400 científicos de 40 instituciones de todo el mundo. Como consecuencia, en poco más de una década, el doctor Contreras ha aparecido como coautor en más de 120 publicaciones de alto impacto en revistas internacionales de prestigio.

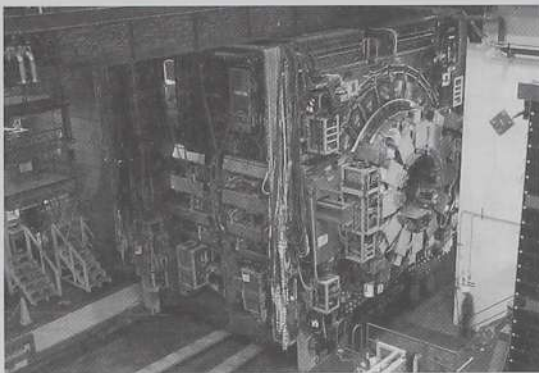
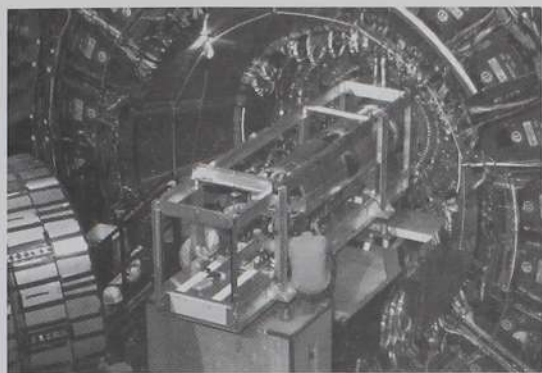
Recientemente, también ha comenzado a participar en otro proyecto, de un nuevo detector para colisiones de partículas, llamado “ALICE”, coordinado en México por el doctor Gerardo Herrera Corral, investigador y actual jefe del Departamento de Física del Cinvestav.

Además, el doctor Contreras se interesa por la física aplicada a la medicina; específicamente,

estudia el comportamiento a largo plazo del ritmo cardíaco. Su objetivo es reconocer los modelos matemáticos que describan el funcionamiento del corazón en personas sanas para compararlos con el de corazones de humanos con alguna enfermedad. A largo plazo, se pretende utilizar el ritmo cardíaco de un paciente como guía para la detección de ciertas patologías. Por lo pronto, al analizar el ritmo cardíaco de algunos moluscos, organismos con una fisiología completamente distinta de la humana, el grupo de Contreras ha encontrado un patrón idéntico al ritmo cardíaco humano. En este trabajo ha participado el grupo del doctor Juan José Alvarado Gil, también investigador del Departamento de Física Aplicada en la Unidad Mérida del Centro.

FAMILIA NÓMADA, CURIOSIDAD EXCESIVA, TRABAJO INCESANTE

Se puede decir que Guillermo Contreras nació accidentalmente en Monterrey, pues sus padres han vivido en numerosas ciudades del país. A él le tocó vivir durante su niñez en las ciudades de León, Mazatlán, Guadalajara y México. En la Ciudad de México, con una residencia más estable, hizo sus estudios de Física y Matemáticas en el Instituto Politécnico Nacional, y obtuvo el grado de Maestro en Física en el Cinvestav. Después vivió cinco años en Alemania, donde se graduó como



Doctor en Ciencias, y desde 1998 vive en la ciudad de Mérida (Yucatán). Actualmente, su esposa y su hijo, de menos de 2 años, lo acompañan durante su año sabático en Francia. “De todas partes hay algo que me gusta y cosas que no me gustan. No me siento ciudadano de ninguna parte, ni siquiera del mundo, soy más bien nómada”, asevera el joven investigador.

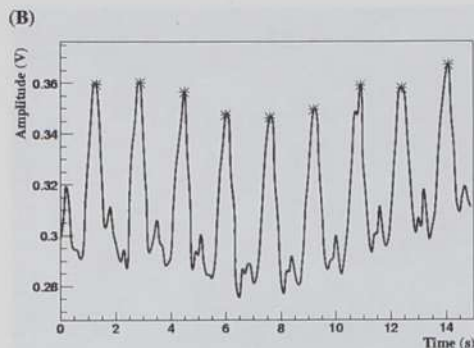
En entrevista electrónica, el doctor Contreras nos cuenta cómo se fue involucrando con la física de partículas elementales. Por un lado, su espíritu crítico y curioso lo fue orientando más hacia las Ciencias Exactas, a pesar de su gran interés por la literatura y la filosofía. “Nunca me gustó la parte de la filosofía que no tiene criterios objetivos de decisión, por eso preferí las Ciencias Exactas, pero estudiando preguntas básicamente filosóficas.” Define su curiosidad excesiva como una virtud: “No me conformo con la impresión de haber entendido, sino que realmente intento demostrarme que entendí”. Sin embargo, más que considerarse un hombre talentoso para la ciencia, piensa que sus éxitos los ha logrado por su disciplina de trabajo.

En sus estudios de licenciatura, el lenguaje matemático lo sedujo como base fundamental para aplicarlo en explicar fenómenos físicos: “De casualidad, en ese tiempo había conocido a la doctora Rebeca Juárez, que es un extraordinario ser humano, y me decidí a trabajar con ella, a quien en ese momento le interesaba la estructura del protón, así comencé mi primer trabajo de investigación

en partículas”. También durante la maestría se dedicó a la explicación teórica de fenómenos físicos con partículas elementales. Para comenzar el doctorado Guillermo Contreras se entrevistó con diversos profesores: “Tuve varias ofertas. La más concreta e interesante, con un programa de trabajo detallado, fue la del profesor Wegener [en Alemania], así que acepté ésa y me fui con él. Otras ofertas eran para estudiar aplicaciones de geometría no conmutativa a la Teoría Cuántica (la más teórica), estudios teóricos de diversas extensiones del llamado “Modelo Estándar” en física de partículas y tres ofertas para hacer física experimental. Todas muy interesantes, pero Wegener fue quien ofreció algo más atractivo”.

EL FUTBOL Y EL PROYECTO H1

Guillermo Contreras nos explica el tipo de colaboración que sostiene en el desarrollo del proyecto H1: “El trabajo consta de dos partes. La primera consiste en recabar los datos [experimentales], en la que trabajan todos, absolutamente todos, aunque es claro que hay expertos en instrumentación y ellos trabajan más esta parte. Por ejemplo, para un experimento sencillo con un canal se mide un número, pero detrás hay mucho trabajo en calibrar el detector, explorar efectos de temperatura, cambios de condiciones, etc. El detector H1 tiene más de



un millón de canales tomando datos cada 96 nanosegundos, por lo que se necesita la participación de cada uno de los colaboradores para que el experimento funcione bien”.

“La segunda parte corresponde al análisis de los resultados. Así como se necesita de todo el detector para recabar los datos, se necesita de toda la gente para entenderlos. Aquí, la mayoría aporta su granito de arena al desarrollo de técnicas (cómputo, calibración, alineación, entre otras) y el análisis se hace dentro de grupos de trabajo que cubren un área general (en H1 hay cinco grupos). Se trabajan conjuntos de análisis relacionados y los miembros del grupo participan en todas las discusiones y dan sugerencias. Cada miembro tiene su análisis particular, que se hace en grupos más o menos pequeños, de 2, 5 o 10 personas. Entonces hay análisis en los que se participa un poco más que en los otros. La parte de análisis es un avance en esa área particular, pero no tendrá necesariamente un avance correspondiente en otra de las áreas, aunque cada análisis involucra al menos dos de los cinco grupos grandes.”

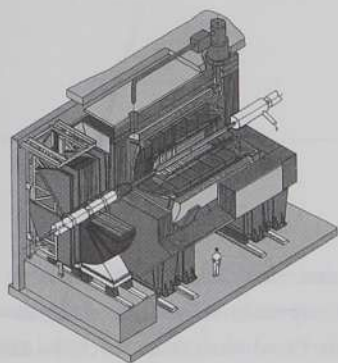
Apasionado del fútbol, Guillermo Contreras ejemplifica su contribución científica en un proyecto tan grande y complejo: “Un equipo de fútbol necesita 11 jugadores; hay algunos mejores que otros, pero ninguno es indispensable. Lo indispensable es jugar con 11. Ninguno contribuye de manera insignificante, todos tienen su peso y su importancia. Esa es la clave de un trabajo serio y

honesto de colaboración: no es lo mismo un equipo que 11 jugadores”. Al preguntarle si considera algunos reportes en H1 más importantes que otros, contesta: “Yo nunca he sentido que un artículo sea más mío que otros. Igual que cuando juego fútbol, si meto gol no siento que contribuí más a la victoria que cuando juego y no meto gol”.

LAS MATEMÁTICAS DEL CORAZÓN

El joven investigador nos cuenta de dónde surgió su idea de incursionar en la física aplicada a la medicina: “Fue un conjunto de circunstancias. Uno de mis objetivos al regresar a México [desde Alemania] era encontrar un tema interesante pero que pudiera hacer en un grupo de investigación pequeño. Después de trabajar tantos años en estos proyectos tan enormes, buscaba algo donde la parte experimental se pudiera hacer en una mesa de laboratorio y la parte teórica no tuviera tanta historia para que todavía se pudiera trabajar con las primeras aproximaciones. En la física de partículas se ha trabajado tanto y tantos años que complica muchísimo la generación de ideas, las técnicas de trabajo y los cálculos. Yo buscaba algo nuevo y más transparente”.

“Al llegar a Mérida me encontré con que compartía oficina con Juan José Alvarado, y que él y Rodrigo Huerta [también investigador del Departamento de Física Aplicada] habían hecho unos estudios sencillos de movimiento en sistemas vivos. Empecé a trabajar con Juan José y luego llegó una tercera circunstancia. Leí un artículo acerca de Transformadas *Wavelets*. Me gustaron muchísimo las matemáticas y decidí estudiar un poco más para ver cómo funcionaban (de hecho, dirigí una tesis de Licenciatura en Matemáticas al respecto). Una de sus aplicaciones interesantes es la dinámica del corazón, pero el análisis tenía complicaciones en el manejo de grandes cantidades de datos y su análisis. Pero para eso tengo mucha experiencia, pues empecé a estudiar la teoría y a desarrollar pequeños experimentos.”



ALICE.

SIEMPRE CIENTÍFICO, SIEMPRE HUMANO

Guillermo Contreras nunca se aparta de su formación científica: “Realmente nunca la dejo de lado, en el sentido en que soy científico. No importa si es discutiendo de política o cocinando, pienso y actúo como científico”.

Sin embargo, también nos revela que lo más importante para él fuera del trabajo es jugar con su familia. Además de su pasión por el fútbol, la lectura lo absorbe siempre: “Uno de mis vicios es leer todo lo que cae en mis manos, para relajarme de mi trabajo, leo tesis de otras áreas y las revistas *Nature* y *Science*, especialmente artículos de antropología, arqueología, algunos de medicina, ecología... Los de física los dejo para el final”.

El doctor Contreras Nuño, quien también se interesa por la divulgación de la ciencia, afirma que la información científica se ha popularizado en el mundo actual. Sin embargo, piensa “que la curiosidad personal de un científico es su mejor contribución a la sociedad”. En ese sentido, opina que el papel de un científico en la sociedad es “el mismo que el de cualquier persona: hacer lo que le gusta, hacerlo bien y divertirse con su trabajo, es decir, ser feliz y contagiar al resto ese bienestar. Desdichadamente, la mayoría de la gente tiene un trabajo en el sentido negativo de la palabra, algo así como una prostitución: hacen lo que tienen que hacer por dinero y mientras menos hagan y más pronto se liberen mejor”.

Guillermo Contreras piensa que no hay diferencias entre los científicos y el resto de la gente que hace su trabajo por gusto: “Las personas comunes que tienen algo que les gusta, que les apasiona realmente, así sean científicos, artistas, deportistas, contadores, vendedores, o lo que sea, todos ellos son eso: gente con una pasión. No veo distinción alguna entre un científico y las otras personas”.

Finalmente, el doctor Guillermo Contreras nos explica lo que significa para él obtener el Premio de Investigación 2005 de la AMC: “Es un gran honor. Dado que es un premio dado por científicos a científicos, este premio es, desde mi punto de vista, uno de los más importantes reconocimientos que existen en México en las Ciencias Exactas. Para mí, es esencial que un país reconozca y celebre sus logros en el ámbito científico y artístico. Por lo tanto, al otorgar estos premios la AMC cumple una función social muy importante, aun cuando en nuestro país no tenga la repercusión de que gozaría en otros lados. De manera personal, es una motivación extra, no sólo para mí sino también para mi entorno familiar. Mi área de trabajo principal está un tanto alejada de lo que la gente vive día a día y para mi familia este premio es algo tangible donde se puede encuadrar mi trabajo”.

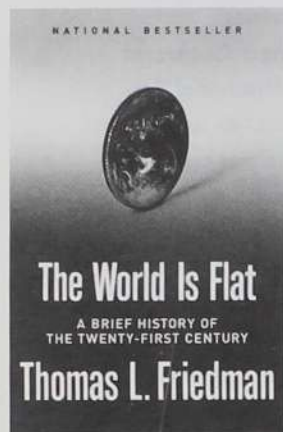
Guillermo Contreras seguirá trabajando en proyectos de Física de Partículas Elementales y en sus modelos del ritmo cardíaco, continuará jugando y leyendo mientras busca respuestas al laberinto de preguntas que construye la humanidad desde sus orígenes. ¡Lo felicitamos y le deseamos mucha nueva diversión!

REFERENCIAS Y FOTOGRAFÍAS

Toda la información de la Academia Mexicana de Ciencias ha sido extraída de su página electrónica: <http://www.amc.unam.mx/>
www-cdf.fnal.gov

THE WORLD IS FLAT

LUIS MORENO



Friedman, Thomas, *The World is Flat, A Brief History of the Twenty-First Century*, Farrar, Straus & Giroux, Nueva York, 2005.

EN *THE WORLD IS FLAT* THOMAS FRIEDMAN DESCRIBE TRES GRANDES PROCESOS DE globalización. El primero, de 1492 hasta 1800, aproximadamente; el segundo hasta el año 2000, y a partir de allí, sostiene Friedman, se ha iniciado un tercer periodo que denomina *Globalización 3.0*. El primer periodo, *Globalización 1.0*, corresponde a una globalización de los países; el segundo, *Globalización 2.0*, a una globalización de las empresas, y el tercer periodo corresponde a una globalización de los individuos. En el primer caso el motor fue el caballo de fuerza, en el segundo el hardware y en el tercero el software, es decir, el conocimiento que circula a través de una red mundial de fibra óptica.

En cada una de estas fases la tecnología ha sido la fuerza rectora del proceso. Por lo tanto, la globalización es el resultado del desarrollo tecnológico. Desde la perspectiva de la economía contemporánea esta posición puede resultar discutible, pero la argumentación que Friedman desarrolla a lo largo de su libro (488 páginas) no puede soslayarse si nos proponemos una comprensión profunda de los fenómenos que atañen a las sociedades urbanas, sobre todo las contemporáneas. Por ejemplo, durante el siglo XIX el telégrafo fue responsable de una primera gran contracción del planeta. Ese proceso continúa hoy a través de Internet, y las consecuencias económicas y socioculturales están a la vista de todos.

La motivación original del libro que ahora comentamos surgió durante la visita que Friedman realizó a la empresa *Infosys Technologies*, en Bangalore, India, durante 2004. En determinado momento Nandan Nilekani, el director general, expresó como conclusión general de la visita que el mundo se estaba *nivelando*. Ahora era posible crear una plataforma donde el trabajo y el capital intelectual pudieran ser producidos en cualquier lugar. Ese trabajo intelectual podía ser desagregado, distribuido, procesado y reestructurado, con lo cual se ganaba una enorme autonomía respecto a los procesos de elaboración del conocimiento.

Friedman se proponía, originalmente, investigar el *outsourcing*: ¿necesita usted una presentación en Power Point para pasado mañana? No se preocupe, su *ejecutivo remoto* en India llevará a cabo la investigación del tema, elaborará la presentación y, mientras usted duerme, se la hará llegar vía correo electrónico. A la mañana siguiente allí estará en su computadora. Es el tipo de trabajo (aquí sólo presentamos un ejemplo) que se puede exportar y que recibe una base de sustentación definitiva de las nuevas tecnologías de la comunicación y de la información.

Cada vez que las sociedades han cruzado el umbral de un cambio tecnológico, desde la escritura hasta la imprenta de Gutenberg, desde la tabla de multiplicar hasta las calculadoras algebraicas, los cambios han sido considerables. Podríamos decir que las tecnologías han *formateado* las sociedades. No cuesta mucho imaginar paralelos con los procesos de colaboración y generación del conocimiento científico contemporáneo. Y no cuesta porque estos últimos procesos están íntimamente vinculados con los tecnológicos.

Viajamos en un Boeing 777 de regreso de un congreso en Europa. Sobre Groenlandia cae un rayo sobre uno de los motores del avión (el 777 sólo tiene dos). Hoy día no hay que preocuparse demasiado por el incidente: el motor está conectado a un satélite y permanentemente está enviando información sobre su estado a la sala de ingenieros de la compañía (si el avión es de una empresa europea la sala es de la Rolls Royce). Gracias a los *algoritmos complejos* de la computadora de la compañía los ingenieros pueden diagnosticar el estado real del avión durante el vuelo.

¿Cómo se llegó hasta aquí? mediante la *convergencia tecnológica*. Durante la década de 1990 los sistemas operativos (Windows, globalmente) hicieron viable la recolección personal de información. Los procesadores de palabras (Word, globalmente) se tornaron *infraestructurales*. Luego, el teléfono, el modem y Windows condujeron al correo electrónico y Netscape a la difusión masiva de la interfase gráfica de internet. Hoy día

nos parece increíble: la primera versión comercial de Netscape (mucho antes que el Explorer) salió al mercado en 1994. Tan sólo 10 años después el mundo tiene más de 800 usuarios frecuentes de Internet. La lección es simple: si la gente lo requiere cambia sus hábitos aceleradamente. La convergencia tecnológica abrió la puerta a la digitalización. Primero se trataba de la interacción con la computadora personal; luego de la interacción con los demás mediante el correo electrónico e Internet. La música, las fotos, las suscripciones a las revistas electrónicas... cada vez más un conocimiento que se independiza de su plataforma.

La lectura del libro del que aquí tan sólo comentamos una sección transversal del mismo, es apasionante, más allá del grado de coincidencia o disidencia que genere. Lo que es innegable es la invitación a la reflexión educativa que despierta. En nuestro país el sistema educativo ha propiciado una gradual transformación de la sociedad. Si uno mira hacia atrás el avance ha sido inmenso, pero no se miden así las cosas: se miden en términos de las aspiraciones y expectativas de aquello que es posible, tal vez porque ya existe en otras latitudes. En las sociedades contemporáneas, caracterizadas por lo menos parcialmente como sociedades de la información, lo que cuenta son las habilidades y conocimientos que nos permiten ser viables y exitosos en los nuevos entornos económicos y socioculturales.



Corte de listón, del Cinvestav-Monterrey con la presencia de la Dra. Rosalinda Contreras, Directora del Cinvestav; el Lic. José Natividad Sánchez, gobernador del Estado de Nuevo León; y el Dr. Reyes Tamez, Secretario de Educación Pública.

NOTICIAS DEL CINVESTAV

INAUGURACIÓN CINVESTAV-MONTERREY

El domingo 30 de octubre de 2005 se inauguró la octava unidad del Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav), en la ciudad de Monterrey, Nuevo León.

En la inauguración estuvieron presentes el Lic. José Natividad González Páras, gobernador constitucional del Estado de Nuevo León, y el Dr. Reyes Tamez Guerra, Secretario de Educación Pública.

El Cinvestav-Monterrey nació de la conjunción del interés del gobernador del Estado de Nuevo León en convertir a "Monterrey en una ciudad Internacional del Conocimiento"; la iniciativa del Secretario de Educación Pública, por impulsar la educación de calidad y fortalecer la enseñanza de las ciencias, y la búsqueda del Cinvestav por impulsar el desarrollo educativo, científico y tecnológico en las diferentes regiones del país.

PREMIO AGROBIO MÉXICO 2005

La Dra. Lisset Herrera Isidró recibió el Premio Agrobio México 2005 a las Investigaciones y Periodismo de Investigación en Biotecnología Agrícola, por su trabajo doctoral titulado "Caracterización biológica y molecular de aislados del virus de la tristeza de los cítricos (CTV) en México". Sus asesores, el Dr. Rafael Rivera Bustamante y el Dr. Juan Pablo Martínez Soriano.

NUEVO MIEMBRO DE EL COLEGIO NACIONAL

El Dr. Eusebio Juaristi y Cosío del Departamento de Química fue admitido en el Colegio Nacional en septiembre de 2005. Con este suceso el Cinvestav ha tenido a siete investigadores que han sido miembros del Colegio Nacional.

CHAIPERSON DEL GULF AND CARIBBEAN FISHERIES INSTITUTE

La Dra. Dalila Aldana Aranda recibió este nombramiento por parte de la asociación científica de mayor relevancia en el manejo de recursos naturales, distinción que recae por primera vez en una investigadora latinoamericana.

PREMIO HERBERT H. UHLIG 2006

Para el Dr. Pedro Castro Borges, que le será entregado en San Diego, California por su destacada labor de investigación e innovación educativa en corrosión.

PREMIO DE INVESTIGACIÓN MÉDICA DR. JORGE ROSENKRANZ 2005

Los doctores en ciencias Bulmaro Cisneros Vega y Francisco García Sierra obtuvieron el primer lugar en el área básica, por el trabajo "Caracterización de un modelo celular para el estudio de las alteraciones neuronales de la distrofia miotónica (DM). Los tripletes CTG mutantes del gen de la DM afectan la función de las proteínas Tau y MAP2 inhibiendo la diferenciación neuronal.

Entre sus colaboradores se encuentran el doctor Mario Bermúdez de León, los biólogos Prisciliana Velásquez Bernardino y Pablo Gómez Islas y el M. en C. Oscar Hernández Hernández.

PREMIO DE INVESTIGACIÓN 2005

El Dr. Guillermo Contreras Nuño recibió este reconocimiento en el área de Ciencias Exactas, que otorga la Academia Mexicana de Ciencias.

NOMBRAMIENTOS

Director de Unidad

Dr. Rafel Francisco Rivera Bustamante

Unidad Irapuato

Jefes de Departamento

Dra. Silvia Cecilia Montañés Ojeda

Genética y Biología Molecular

Coordinadores Académicos

Dra. Gabriela Rodríguez Manzo

Farmacobiología

Dr. Carlos Alberto Cruz Villar

Sección de Mecatrónica

Dra. Giselle Galván Tejada

Sección de Comunicaciones

Dra. Ma. Carmen Sánchez Torres

Biomedicina Molecular

Dra. Rosa Ma. del Refugio Bermúdez Cruz

Genética y Biología Molecular

Dr. Juan Carlos Martínez García

Control Automático

Dr. Víctor Manuel Pérez Álvarez

Sección Externa de Farmacología



Inauguración del Cinvestav-Monterrey.

CONTRIBUCIONES

Las contribuciones para la revista *Avance y Perspectiva* deberán enviarse a las oficinas del Cinvestav en los siguientes formatos.

TEXTOS:

Word, Disco 3/5 O CD-ROM

Cuando se trate de artículos de investigación la extensión máxima será de 15 cuartillas; en cuanto a los artículos de difusión se aceptará un máximo de 10 cuartillas.

Si el texto incluye tablas, éstas se entregarán en archivo por separado, en disco, en texto corrido y con una impresión adjunta que muestre la forma en que debe quedar la tabla. Además, se debe indicar en el original la ubicación de éstas. La indicación es también válida para esquemas y cuadros.

Las notas deberán incluirse al final del trabajo, antes de la bibliografía o de las referencias, debidamente numeradas.

Las referencias deben apegarse a los modelos siguientes:

Libro:

Wiener, Norbert, *Cibernética: o el control y la comunicación en animales y máquinas*, Barcelona, Tusquets. 2003.

Artículo de revista:

Ádem, José, 1991, "Algunas consideraciones sobre la pesca en México", en *Avance y Perspectiva*, vol.10, abril-junio, pp. 168-170.

Se sugiere que las referencias sean cuidadosamente revisadas por los autores y que los títulos de los artículos y los nombres de las publicaciones no se abrevien.

Todos los textos deben incluir el nombre del autor, grado académico, adscripción y cargo que desempeña, teléfono y correo electrónico.

IMÁGENES Y GRÁFICAS:

TIFF, 20 x 20 cm (mínimo), 300dpi, blanco y negro, CD-ROM. Las imágenes se entregarán en forma física, de preferencia en transparencias. No se aceptarán imágenes de internet o cámara digital debido a que la resolución que presentan no es adecuada.

En caso de que el trabajo incluya diapositivas en power point remitirlas impresas en papel fotográfico y en máximo grado de resolución y no a través de archivos de office.



Cinvestav

avance@cinvestav.mx

T/F (55) 50 61 33 71

www.cinvestav.mx/publicaciones

Av. Instituto Politécnico Nacional 2508,

Zacatenco, C. P. 07360

México DF, México

**AHORA NOS CONOCEN
COMO LA FLOTA MÁS MODERNA DEL
MUNDO, PERO SEGUIMOS SIENDO:
MEXICANA.**

La aerolínea mexicana líder en América
que además de toda su experiencia,
te ofrece viajar por una enorme red
de destinos en los aviones más modernos.



mexicana.com

MEXICANA 

Siente la experiencia



**53 programas de posgrado
avalados por Conacyt.**

**31 programas de Alto Nivel
y 13 Competentes a Nivel
Internacional.**

Ciencias Exactas y Naturales

Ciencias Químicas		D
Física	M	D
Física Aplicada (Mérida)	M	D
Física Teórica (Mérida)		D
Fisicoquímica (Mérida)	M	
Matemáticas	M	D

Ciencias Biológicas y de la Salud

Biología Celular	M	D
Biología Marina (Mérida)	M	
Biomedicina Molecular	M	D
Bioquímica	M	D
Ciencias Marinas (Mérida)		D
Farmacología	M	D
Fisiología Celular y Molecular	M	D
Fisiología Médica y Experimental	M	D
Genética y Biología Molecular	M	D
Neurobiología Celular y Molecular	M	D
Neurofarmacología y Terapéutica		
Experimental (Sede Sur)	M	D
Patología Experimental	M	D
Toxicología	M	D

Tecnología y Ciencias de la Ingeniería

Biotechnología	M	D
Biotec. de Plantas (Irapuato)	M	D
Control Automático	M	D
Ingeniería Eléctrica	M	D
Ingeniería Eléctrica (Gudalajara)	M	D
Ingeniería Cerámica (Saltillo)	M	
Ingeniería Metalúrgica (Saltillo)	M	
Ingeniería Metalúrgica y Cerámica (Saltillo)		D
Materiales (Querétaro)	M	D

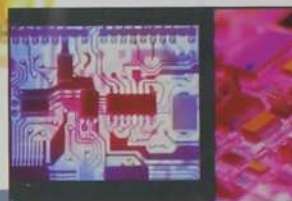
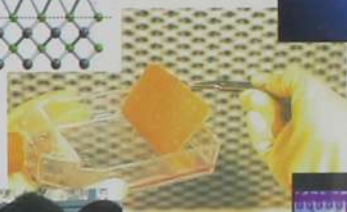
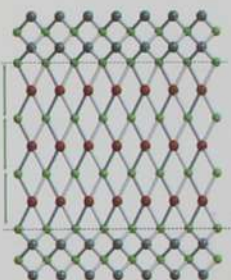
Ciencias Sociales y Humanidades

Ecología Humana (Mérida)	M	
Investigaciones Educativas (Sede Sur)	M	D
Matemática Educativa	M	D

**Excelencia en
Investigación
y Posgrado**



Cinvestav



www.cinvestav.mx

Av. Instituto Politécnico Nacional 2508, Col. San Pedro Zacatenco, CP 07360, México D. F.

Tel. 50 61 38 00