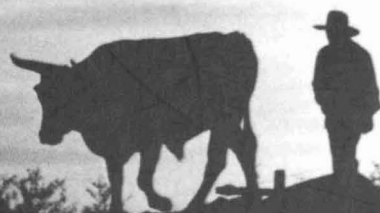


UNIVERSIDAD DE MÉXICO

NUEVA ÉPOCA REVISTA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

\$45.⁰⁰ Número 629, NOVIEMBRE 2003



MORELOS
CULTURA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

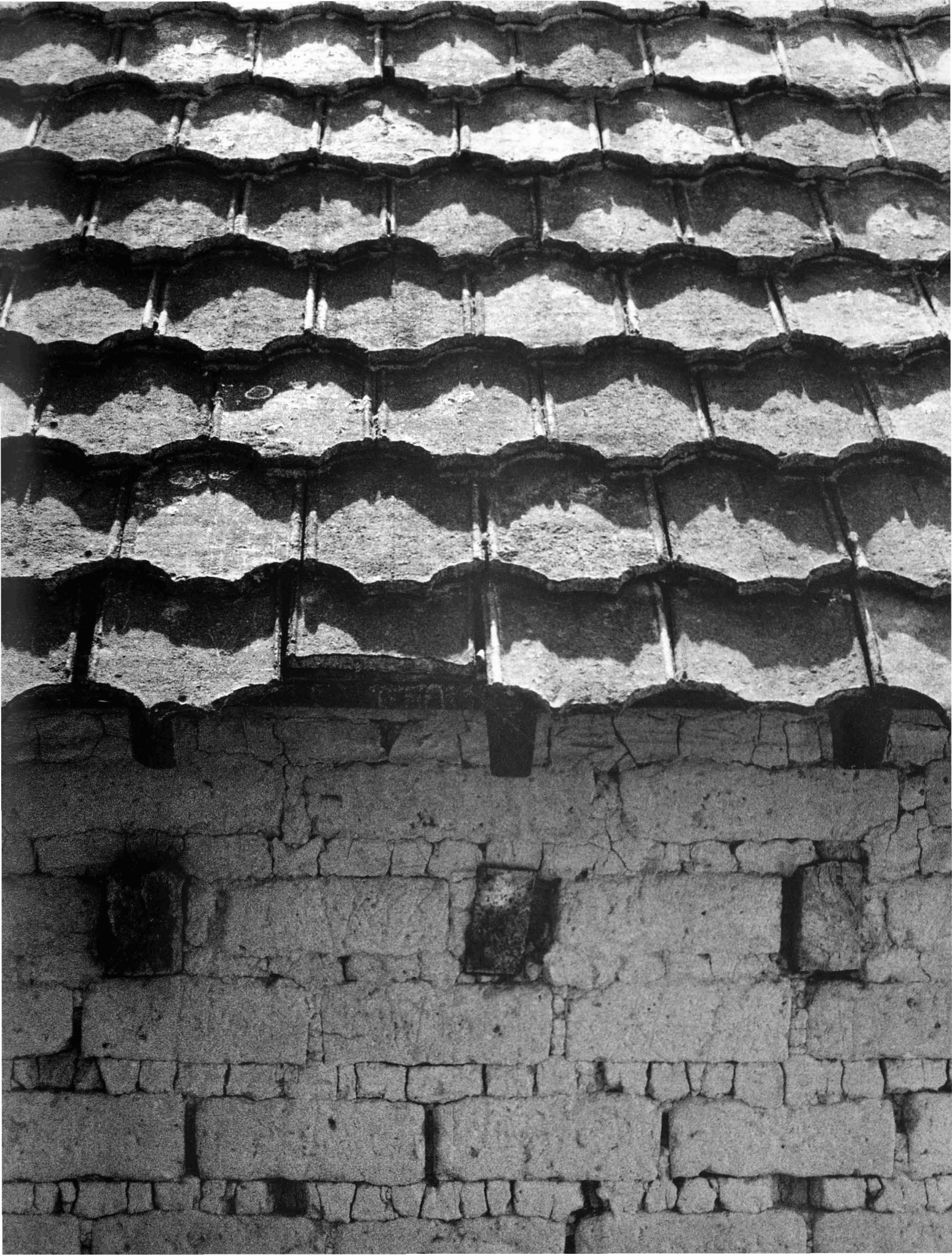
Por este barro en marcha que somos,
por el amor del agua,
por la muerte del árbol inocente
y su cosecha trágica.

Por tu serena dignidad de cacto
erguido en los desiertos de la sed,
tu corazón de tuna colorada
y tu canción de miel.

Por el incomprensido desorden de tus sueños
allí, de donde parten los caminos de sal,
por la lluvia vendida,
por el pan traicionado,
por los ojos nocturnos del jacal.

Por el sol,
por la nube,
por la flor.
Por la palabra "Tierra".
por la voz "Libertad"
por los dioses de elote del cañaveral...

Aurora Reyes



UNIVERSIDAD DE MÉXICO

NUOVA ÉPOCA REVISTA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Juan Ramón de la Fuente
Rector

Dra. Olga Elizabeth Hansberg
Coordinadora de Humanidades

Revista Universidad de México

Director
Ricardo Pérez Montfort

Consejo editorial
Roger Bartra
Rodrigo Díaz Cruz
Juan Pedro Laclette
Clara E. Lida
Linda Manzanilla
Carlos Pereda
Vicente Quirarte
Fernando Serrano Migallón

Coordinador editorial
Horacio Ortiz

Editores
Javier Bañuelos Rentería
Isaac García Venegas
Mario Carrasco Teja

Editor WEB
Roberto del Rivero

Asistente editorial
Miriam Aguirre Arvizu

Editor de arte
Francisco Montellano

Coordinadora de "Miradas"
Itzel Rodríguez Mortellaro

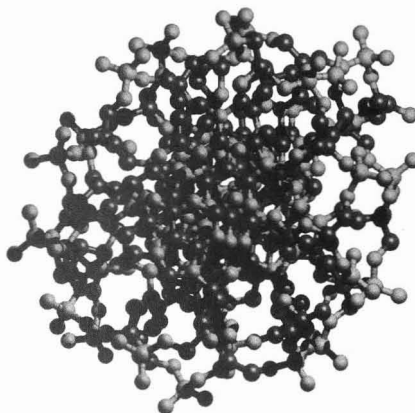
Publicidad y relaciones públicas
Jazmín Flores Yarce

Suscripciones
Rocío Fuentes Vargas

Administración
Mario Pérez Fernández

Diseño y producción editorial
Agustín Estrada

Asistente de diseño y formación
Araceli Limón



Oficinas de la revista: Lado poniente del Estadio Olímpico,
Ciudad Universitaria, C.P. 04510, Deleg. Coyoacán, México, D.F.
Apartado Postal 70288, C.P. 04510, México, D.F.
Teléfonos: 5616-2422, 5616-7211, Fax: 5616-9040.

Correspondencia de Segunda Clase.

Registro DGC núm. 061 1286. Características 2286611212.

Impresión: Artes Gráficas Panorama, S.A. de C.V.

Distribución: Revista Universidad de México.

Precio del ejemplar: \$45.00.

Suscripción anual (diez números): \$400.00 (US\$110.00 en el extranjero).

Semestral (cinco números): \$200.00 (US\$55.00 en el extranjero).

Ejemplar de número atrasado: \$50.00

Revista mensual. Tiraje de tres mil ejemplares. Esta publicación no se hace responsable por textos no solicitados. Cada autor es responsable del contenido de su propio texto.

Certificado de Licitud de Título número 2801.

Certificado de Licitud de Contenido número 1797.

Reserva de uso exclusivo número 112-86.

Correo electrónico: reunimex@servidor.unam.mx

Internet: <http://www.univdemex.unam.mx>

Agradecemos el patrocinio de la Secretaría de Desarrollo Económico del Estado de Morelos para la elaboración de este número.

En particular, a Gabriel Haddad Giorgi, a José Ángel Ávalos López y a Patricia Sandoval. Portada: fotografía de Ricardo María Garibay.

UNA TELA DE ARAÑA

- Presentación 4
- Veinte años del Instituto de Biotecnología 6
Xavier Soberón Mainero
- Desarrollo tecnológico para el control biológico de fitopatógenos: un reto multidisciplinario 9
Leobardo Serrano y Enrique Galindo
- Evolución dirigida de proteínas: ropa limpia y cerditos contentos 11
Lorenzo Segovia
- Análisis de secuencias en la era genómica 15
Una mirada hacia el pasado
Enrique Merino

RIZOS DE HELECHO

- Centro INAH Morelos 24
Más de tres décadas de vida institucional en defensa del patrimonio histórico cultural
Ramón López Vela
- Proyecto de investigación Xochicalco 26
Norberto González Crespo, Silvia Garza Tarazona y Beatriz Palavicini Beltrán
- Actores sociales de la flora medicinal en México 30
Paul Hersch Martínez
- Etnografía de las regiones indígenas de México al inicio del milenio 37
L. Miguel Morayta Mendoza

REVUELO INTERMINABLE

- Las matemáticas en los polos de desarrollo 42
José Antonio de la Peña
- Las matemáticas en Cuernavaca 46
José Seade
- Modelación matemática de sistemas complejos 49
Luis Javier Álvarez

TU SILENCIO DE PÁJARO

- Centro de Investigación y Docencia en Humanidades del Estado de Morelos 52
- Las humanidades en Morelos 53
Ricardo Guerra
- Seminario de filosofía política 55
Ambrosio Velasco Gómez
- El modelo epistémico del sicoanálisis 57
Luis Tamayo
- Ditirambos/7 60
Elsa Cross
- En busca de las musas de Rodin 61
Enrique Moreno de los Arcos

PUNTA DE LA HOJA

- 65 El Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno
Georgina Hernández Delgado
- 69 La licenciatura en ciencias genómicas
David Romero Camarena
- 73 La biología genómica en el Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno
José Guillermo Dávila Ramos

PUERTA DEL INFRAMUNDO

- 77 El Instituto Nacional de Salud Pública
Mauricio Hernández-Ávila, Fernando Meneses-González y Carlos Oropeza-Abúndez

TU BELLA MÁSCARA

- 89 El Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias
Francisco Rodríguez Hernández
- 91 ¿Cuál es el tamaño de la población indígena en México?
Ana María Chávez Galindo y Héctor Hiram Hernández Bringas
- 96 Migración internacional y remesas en el estado de Morelos
Fernando Lozano Ascencio
- 100 Los bosques del norte de Morelos: del tributo azteca a la provisión de servicios ambientales
María Fernanda Paz
- 104 ¿Aumenta o disminuye la violencia contra las mujeres durante el embarazo? Algunos hallazgos de un estudio en Morelos
Roberto Castro
- 110 El cambio educativo en Morelos en el marco de su federalización: quiénes tienen que asumirlo y cómo
Medardo Tapia Uribe
- 116 Memoria del cambio ¿Hacia un pluralismo moderado en Morelos?
Morgan Quero

BAJO EL ÁRBOL PARTIDO

- 121 Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
- 123 Control de malezas acuáticas en México
Maricela Martínez Jiménez, Pilar Saldaña Fabela y Eric Gutiérrez López
- 128 Sistema de pronóstico del riego en tiempo real
Waldo Ojeda, Ernesto Sifuentes Ibarra y Benjamín de León Mojarro
- 135 Reducción integral de pérdidas en sistemas de distribución de agua potable
Víctor Bourguett Ortiz y Leonel Ochoa Alejo

LAS ARTES Y LOS OFICIOS

FOTOGRAFÍA Y EROTISMO
IMAGEN: RICARDO MARÍA GARIBAY
TEXTOS: RICARDO GARIBAY

ADALBERTO RÍOS SZALAY
FOTÓGRAFO

MORELOS

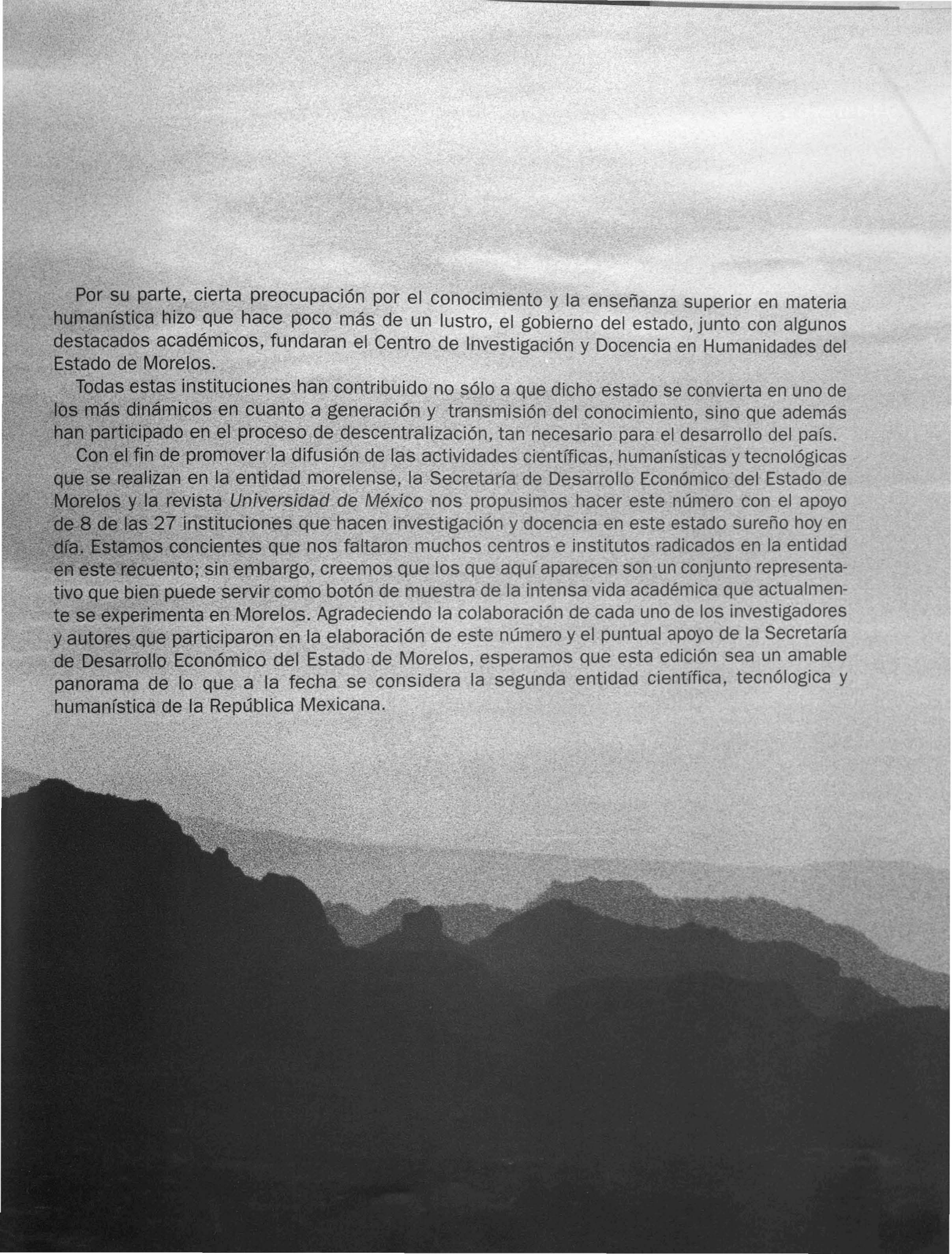
CULTURA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

El estado de Morelos es hoy una de las entidades federativas mexicanas que cuenta con más centros de investigación y docencia científica, tecnológica y cultural. Según el INEGI, en 2002 existían en Morelos 11 instituciones normalistas que porporcionaban diversas licenciaturas básicas, 58 planteles universitarios con licenciaturas científicas, tecnológicas y humanísticas, y 26 escuelas superiores con sus respectivos programas de posgrado.

La UNAM ha tenido una particular presencia en materia académica en dicho estado gracias a sus diversos institutos y centros de investigación y docencia, que cuentan con poco más de cuatrocientos investigadores de tiempo completo residentes en la entidad. Tan es así que ya se habla de un Campus UNAM en el estado de Morelos que combina la investigación científica y tecnológica con los programas de enseñanza y generación de conocimiento humanístico. Ahí están como muestra el Instituto de Biotecnología, las sedes en Cuernavaca del Instituto de Matemáticas y de Física, el Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno y el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias.

Otras instancias federales también han hecho del estado de Morelos su residencia permanente. Tal es el caso del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, el Instituto Nacional de Salud Pública, y el Centro Morelos del Instituto Nacional de Antropología e Historia.

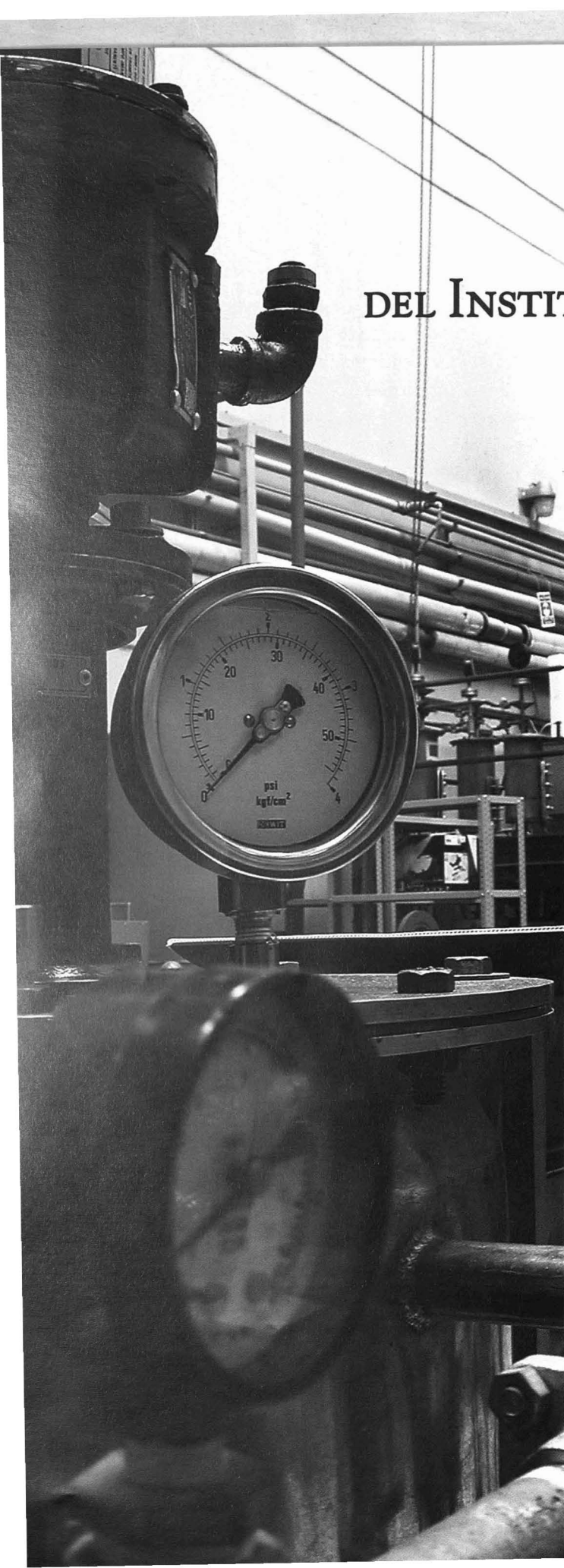




Por su parte, cierta preocupación por el conocimiento y la enseñanza superior en materia humanística hizo que hace poco más de un lustro, el gobierno del estado, junto con algunos destacados académicos, fundaran el Centro de Investigación y Docencia en Humanidades del Estado de Morelos.

Todas estas instituciones han contribuido no sólo a que dicho estado se convierta en uno de los más dinámicos en cuanto a generación y transmisión del conocimiento, sino que además han participado en el proceso de descentralización, tan necesario para el desarrollo del país.

Con el fin de promover la difusión de las actividades científicas, humanísticas y tecnológicas que se realizan en la entidad morelense, la Secretaría de Desarrollo Económico del Estado de Morelos y la revista *Universidad de México* nos propusimos hacer este número con el apoyo de 8 de las 27 instituciones que hacen investigación y docencia en este estado sureño hoy en día. Estamos concientes que nos faltaron muchos centros e institutos radicados en la entidad en este recuento; sin embargo, creemos que los que aquí aparecen son un conjunto representativo que bien puede servir como botón de muestra de la intensa vida académica que actualmente se experimenta en Morelos. Agradeciendo la colaboración de cada uno de los investigadores y autores que participaron en la elaboración de este número y el puntual apoyo de la Secretaría de Desarrollo Económico del Estado de Morelos, esperamos que esta edición sea un amable panorama de lo que a la fecha se considera la segunda entidad científica, tecnológica y humanística de la República Mexicana.



VEINTE AÑOS DEL INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA

Xavier Soberón Mainero*

Hace exactamente 20 años, en lugar de estar sentado en esta oficina de la dirección del Instituto de Biotecnología, me encontraba tres metros más abajo, en el suelo. Estaba en un picnic que el doctor Francisco Bolívar, director del Centro de Investigación sobre Ingeniería Genética y Biotecnología (Ceingebi), organizó aquí, en Cuernavaca, para visitar el sitio donde se estaba construyendo su nuevo edificio sede. Recuerdo muy bien el ambiente de ilusión, optimismo y camaradería que sentíamos los involucrados en aquel proyecto. Hoy veo esta entidad convertida en el Instituto de Biotecnología, y aprecio, a un tiempo, la consolidación académica y maduración del personal que aquí labora, así como el mantenimiento de un estupendo ambiente de colaboración y camaradería. Se dice fácil, pero es algo que tiene un valor inapreciable.

* Director del Instituto de Biotecnología de la UNAM

Este instituto universitario se comprende a la luz de la revolución reciente de la ciencia biológica experimental. Acabamos de celebrar los 50 años del descubrimiento de la estructura del material genético, el ADN. Desde entonces han ocurrido muchos cambios, a ritmo cada vez más acelerado. En los 25 años que siguen al emblemático descubrimiento del ADN, se sientan las bases de lo que se conoce como biología molecular. En ese entonces, el surgimiento de las técnicas de ADN recombinante o ingeniería genética indica el inicio de una verdadera revolución en la capacidad de adquirir conocimiento sobre los seres vivos y de utilizarlos para propósitos tecnológicos.

Pocos años después, durante la rectoría del doctor Guillermo Soberón, la UNAM muestra una vez más su capacidad de situarse a la vanguardia, incorporando estas metodologías en el Instituto de Investigaciones Biomédicas, tras comisionar al doctor Francisco Bolívar para realizar investigaciones en un sitio central para esta revolución: la Universidad de California, en San Francisco. Con base en esta capacidad, se decide crear el Ceingebi en 1982, y éste obtiene sus nuevas instalaciones en Cuernavaca, durante la administración como rector del doctor Octavio Rivero.

El personal académico del Ceingebi, al principio constituido por nueve investigadores y ocho técnicos académicos, inicia sus actividades con el reto de impulsar el conocimiento biotecnológico, formar recursos humanos especializados y, cosa novedosa, vincularse activamente con el sector productivo para fomentar el aprovechamiento de estas nuevas capacidades. Se trata de impulsar el desarrollo de grupos de investigación en una diversidad de áreas, con el enfoque principal de trabajar alrededor del conocimiento de genes y proteínas, utilizando la moderna herramienta del ADN recombinante. Asimismo, se incorpora un importante contingente de investigadores al área de la bioingeniería, con la visión de lograr una transferencia más suave de los desarrollos experimentales a las industrias interesadas. La Planta Piloto, donde se desarrollan procesos fermentativos en escalas intermedias, ocupa la parte central del edificio del Ceingebi, como referente simbólico de la importancia de los objetivos de vinculación del centro.

Se conjuntan entonces tres factores: el dinamismo del personal académico del centro, la atinada direc-

ción de Francisco Bolívar y el apoyo sostenido de las autoridades universitarias. En los siguientes diez años el personal se incrementa a 52 investigadores y 44 técnicos. En esta etapa se conforma también otro elemento distintivo de la organización académica de nuestra entidad, con la creación de la figura de grupos de investigación, encabezados por un líder académico alrededor del cual se agrupan investigadores asociados, técnicos académicos y estudiantes. En esta misma época, a partir del Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno, se traslada al Ceingebi un importante contingente de académicos, con el objetivo de dar un mejor impulso al desarrollo de la biotecnología vegetal. El crecimiento y la consolidación del Ceingebi llevan entonces a su transformación en Instituto de Biotecnología (IBT), aprobada por el Consejo Universitario en septiembre de 1991. Se da así el inicio de una nueva etapa de nuestra entidad académica, en la cual se reagrupa el personal en departamentos diferentes, se consolida el modelo de grupos y se inaugura el Edificio Norte, con laboratorios que albergan al personal académico recién incorporado y permiten un crecimiento moderado adicional.

Esta segunda década de vida del IBT se caracteriza por un proceso de maduración y consolidación de las líneas de investigación, del modelo organizacional y de los programas de formación de recursos humanos. El instituto es reconocido nacional e internacionalmente por sus líderes académicos, en temas muy variados:

- La identificación de componentes de venenos y los medios más modernos para contrarrestarlos.
- El conocimiento de agentes infecciosos a nivel molecular.
- Los mecanismos de regulación celular en organismos superiores, con implicaciones en biología de la reproducción, el sistema neuroendócrino, el cáncer o las enfermedades neurodegenerativas.
- Los fundamentos genéticos de la interacción de las plantas con microorganismos y de su adaptación a condiciones de estrés, con implicaciones en la biofertilización, el biocontrol y la adaptación a suelos distintos.
- El manejo avanzado de sistemas biológicos, la bioestructura, la ingeniería enzimática, la ingeniería de bioprocesos y la ingeniería metabólica.



Foto: 3 Ríos

En este tiempo se consolidó la enseñanza de posgrado, primero a través del programa de posgrado en investigación biomédica básica y del programa en biotecnología. En la actualidad se trabaja de manera conjunta con la Facultad de Química y con el Instituto de Fisiología Celular dentro del programa de posgrado en ciencias bioquímicas, que es uno de los mejores calificados en el país. El instituto atiende a un promedio de más de 150 estudiantes de posgrado, y bajo la dirección de sus investigadores se gradúa un promedio de 15 nuevos doctores cada año.

Paralelamente se ha conseguido un incremento sustancial de la cantidad y calidad de la vinculación con el sector productivo. En esta etapa se desarrolla una mejor capacidad de captación de financiamiento externo y aumenta el número de patentes sometidas por nuestro personal.

Los últimos años han atestiguado una nueva ola de impulso a las ciencias biológicas, surgida de los llamados proyectos genómicos, específicamente del Proyecto del Genoma Humano. La evolución natural de las líneas de investigación presentes en el IBT nos ha llevado a insertarnos en los enfoques surgidos de esta revolución reciente. Así, con el apoyo decidido del rector Juan Ramón de la Fuente, el instituto, en conjunto con el vecino Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno, ha participado en el lanzamiento de programas para el fortalecimiento de las ciencias genómicas en la UNAM y en el país. Uno de los elementos clave de esta iniciativa es la creación de una nueva licenciatura en ciencias genómicas, que inició sus actividades en agosto de 2003.

Todos estos avances han hecho acreedor a nuestro personal de una importante cantidad de premios, apoyos y financiamientos, y aun cuando las condiciones y logros del instituto tienen todos los aspectos positivos referidos, es paradójico que los últimos tiempos han planteado retos complicados para la comunidad científica en general y la universitaria en particular. Los importantes cambios sociales y políticos ocurridos en México se han dejado sentir en nuestra comunidad de varias maneras. Especialmente difícil ha resultado la restricción respecto a la capacidad de crecimiento y de impulso de nuevas iniciativas académicas. Una comunidad como la nuestra, acostumbrada a una dinámica de crecimiento y expansión, requiere contemplar alternativas para continuar el desarrollo de la biotecnología en la UNAM y en el país en general, pero la etapa de crecimiento como entidad académica individual no ha proseguido, y es claro que no podrá continuar en el futuro inmediato.

Por lo anterior, hemos optado por articular propuestas, con un sólido componente académico proveniente del IBT, para la creación de nuevas entidades en dos áreas: la farmacéutica y la ambiental. Estas iniciativas responden a la lógica de enfocar esfuerzos en áreas de alto impacto y vinculación, y se propone crear y ocupar nuevos nichos para el desarrollo del sistema científico en el campo de la biotecnología, con modelos mixtos de participación. Las características de nuestra área de trabajo y de la comunidad del Instituto de Biotecnología llevan implícita una dinámica propositiva y de crecimiento. Confiamos en obtener el apoyo para convertir estas propuestas en realidades. ☼

DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE FITOPATÓGENOS: UN RETO MULTIDISCIPLINARIO

Leobardo Serrano y Enrique Galindo*

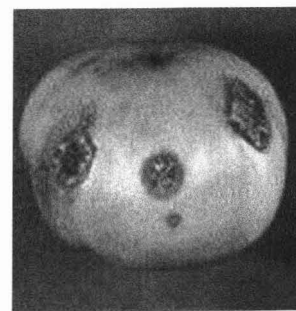
TÉCNICAS DEL MIP

- Prácticas culturales
- Manejo de factores fisicoquímicos
Densidad de siembra
Rotación de cultivos
Trampas físicas
Inundación
- Control físico (técnicas autocidas)
 - Control químico
- Plaguicidas selectivos
Hormonas
Feromonas
- Empleo de variedades resistentes
 - Control biológico
- Bioplaguicidas
Insectos benéficos



Las cepas de *Trichoderma* están consideradas como uno de los más efectivos biofungicidas, ya que pueden antagonizar un amplio espectro de hongos fitopatógenos gracias a la producción de enzimas hidrolíticas que degradan las paredes celulares del patógeno, provocando su muerte. Las fotos, obtenidas por microscopía electrónica de barrido, muestran el ataque del *Trichoderma harzianum* (T) contra el *Rhizoctonia solani* (R), el cual se observa colapsado.

El *Rhizoctonia solani* es uno de los principales patógenos que afectan los cultivos de tomate. La infección comienza en las raíces de la planta y llegan al fruto en las fases más avanzadas del cultivo. Las pérdidas pueden alcanzar 50 por ciento del cultivo cuando las condiciones de humedad y temperatura favorecen al patógeno.



* Investigadores del Instituto de Biotecnología de la UNAM

La antracnosis puede atacar hojas, flores y frutos de mango, que ocasiona hasta 60 por ciento de pérdidas en la cosecha. También es considerada la principal causa de la pudrición de los frutos almacenados. Esta enfermedad es provocada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (lám. A).

El Instituto de Biotecnología de la UNAM cuenta con la infraestructura humana y material para desarrollar los procesos de producción de agentes de control biológico. Actualmente, en colaboración con el CIAD-Culiacán, se llevan a cabo dos procesos para el control de hongos fitopatógenos (*Colletotrichum gloeosporioides* en mango y *Rhizoctonia solani* en tomate).

La eficacia de los agentes de control biológico depende, en buena medida, de su capacidad para colonizar el hábitat donde están aplicados. Por eso es importante que el producto posea una alta viabilidad al momento de su aplicación en campo. La evaluación de la viabilidad de microorganismos miceliares –como el caso del *Trichoderma harzianum*– no es fácil, dada su estructura pluricelular.

Por esta razón, en el Instituto de Biotecnología se desarrolló, en colaboración con el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADT), también de la UNAM, una técnica novedosa que utiliza tinciones vitales fluorescentes y un sistema de análisis de imágenes que permite relacionar la actividad metabólica del microorganismo (actividad esterasa) con su viabilidad. La figura ilustra el procesamiento de la muestra obtenida de un fermentador, la cual es teñida con acetato de fluoresceína y observada en el microscopio. El sistema cuenta con una cámara que digitaliza las imágenes. Mediante algoritmos de análisis de imágenes es posi-



ble cuantificar la relación entre el área metabólicamente activa (área fluorescente) y el área total, que es directamente proporcional a la viabilidad del cultivo.¹

Tradicionalmente, la evaluación del daño en el fruto de mango causado por la antracnosis se hace mediante criterios cualitativos basados en el número y el tamaño de las lesiones. Esta evaluación, aunque válida para determinar la calidad del fruto, no permite llevar a cabo un seguimiento cuantitativo de la enfermedad, que permitiría evaluar de manera estricta los tratamientos utilizados para el control de la misma. En el Instituto de Biotecnología se desarrolló, nuevamente en colaboración con el CCADT, una metodología para la evaluación cuantitativa de las lesiones provocadas por la antracnosis del mango. Esta técnica se basa en la captura de imágenes de toda la superficie del mango (360 imágenes en giros de 1°), su digitalización y la cuantificación del número, así como el tamaño de las lesiones mediante algoritmos de análisis de imágenes. ☉

NOTAS

- ¹ Hassan et al., *Biotechnol. Bioeng.*, cap. 80, 2003, págs. 677-684.

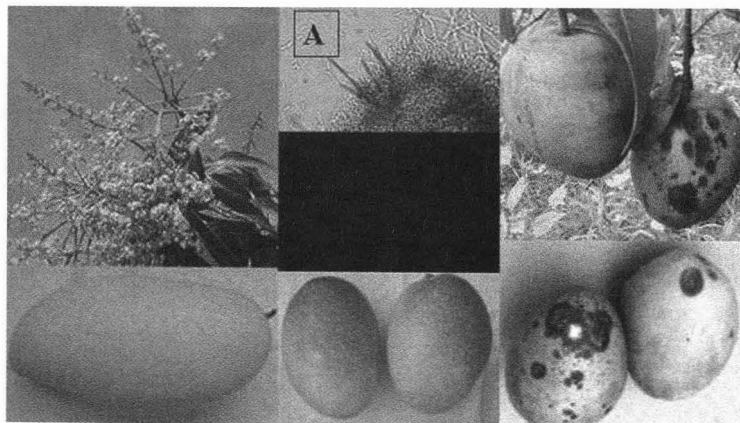
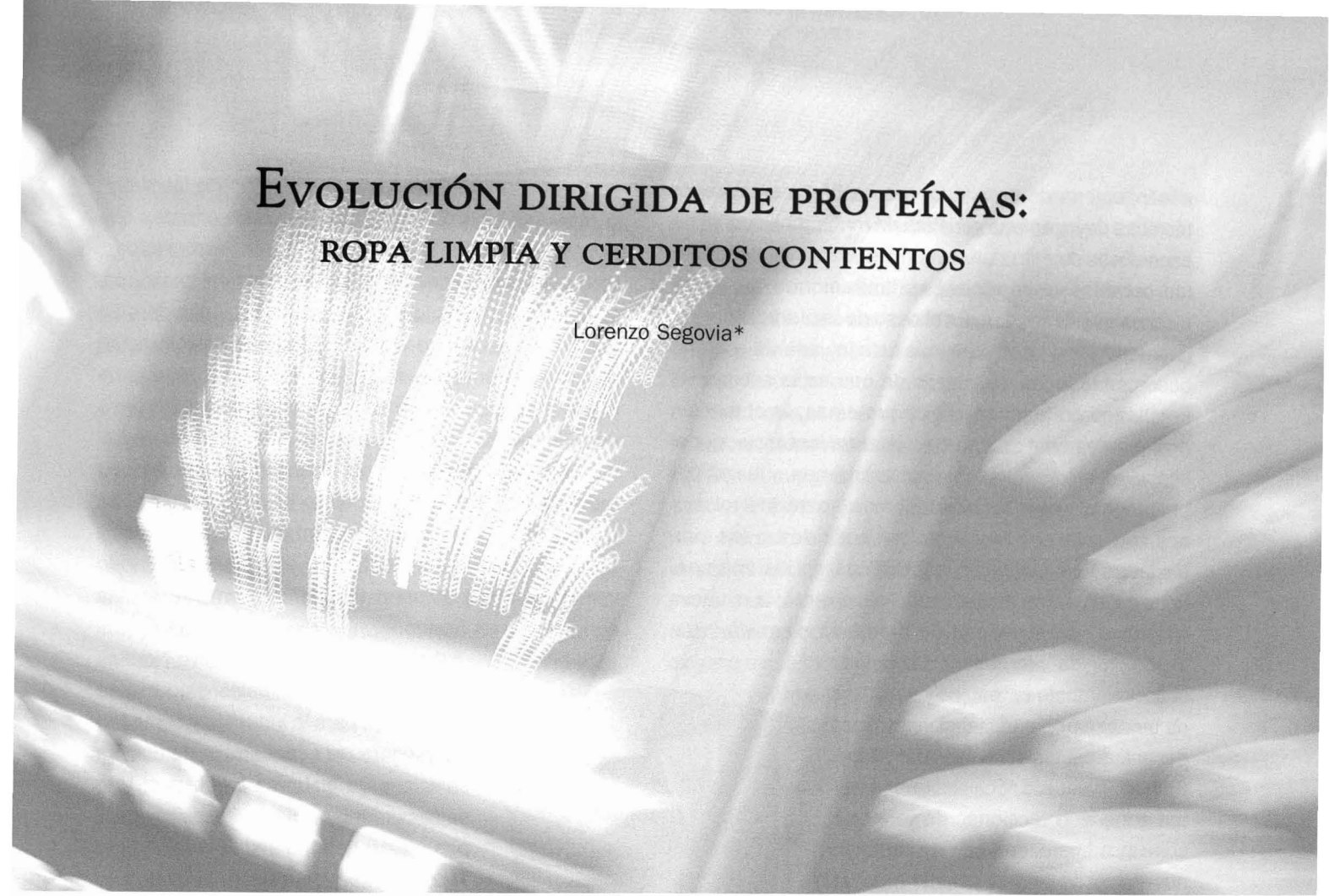


Lámina A



EVOLUCIÓN DIRIGIDA DE PROTEÍNAS: ROPA LIMPIA Y CERDITOS CONTENTOS

Lorenzo Segovia*

Una definición funcional de la biotecnología es el uso de seres vivos, de sus capacidades metabólicas o de sus componentes para la obtención de soluciones novedosas a los grandes retos que enfrentamos. En este sentido la biotecnología es “verde”, ya que busca sustituir procesos contaminantes y caros por sistemas biológicos limpios, más económicos. La especie humana ha utilizado la biotecnología, aunque con otros nombres, desde hace más de 12 mil años, cuando surgió la agricultura. A partir de ese momento empezamos a seleccionar plantas para satisfacer, de la mejor manera, nuestras necesidades tanto a nivel nutricional como por sus características de resistencia a plagas o enfermedades. Estas propiedades fueron seleccionadas a través de cruces entre líneas que llevaran algunas de ellas.

A partir de los años setenta se empezaron a desarrollar algunas técnicas que permitían la manipulación

directa de los genes que conferían propiedades particulares a algún organismo y su transferencia a otro distinto, rompiendo incluso las barreras genéticas de la especie. Estas técnicas, englobadas bajo el nombre genérico de ingeniería genética, dieron a luz a la biotecnología moderna, y fueron las que han permitido los alcances actuales.

Los beneficios de la biotecnología han repercutido en las vertientes más diversas de la actividad humana: desde la producción de insulina humana en células bacterianas hasta la confección de tortillas más suaves y con mayor vida de anaquel, pasando por la producción de anticoagulantes a partir de la saliva de vampiros y por la obtención de organismos genéticamente modificados. Algunas de las aplicaciones más novedosas dependen de la obtención de variantes de enzimas existentes, las cuales adquirieron propiedades distintas a las originales. Esto se ha conseguido, principalmente, a través de dos enfoques: la bioprospección, es decir, la búsqueda de enzimas con la misma actividad catalítica provenientes de organismos distintos,

* Departamento de Ingeniería Celular y Biocatálisis-Instituto de Biotecnología de la UNAM

y la ingeniería de proteínas, que es la generación por técnicas de ingeniería genética de mutaciones en sitios específicos de estas proteínas, las cuales les confieren los cambios deseados. Las limitaciones de estos alcances son variadas. En el caso de la bioprospección uno depende de que primero exista la variante que uno busca en la biosfera, y luego de que se la encuentre. En el caso de la ingeniería de proteínas, la obtención de variantes está limitada, en primera instancia, por el conocimiento *a priori* sobre estas enzimas, y luego, por la ignorancia que todavía tenemos sobre las relaciones entre la secuencia de aminoácidos y las propiedades físicoquímicas y catalíticas de las enzimas. Para paliar estas limitaciones se inventó una nueva variante de la ingeniería de proteínas, llamada “evolución dirigida”, la cual no presupone conocimiento de antemano y sólo estaría limitada por la eficiencia intrínseca de la manipulación en el laboratorio. Se han inventado técnicas que permiten generar colecciones de variantes con un número definido de mutaciones al azar en un gen, para tener todos los cambios posibles, hasta de tres aminoácidos, en una proteína promedio. Además, también contamos con sistemas sofisticados que permiten la selección o identificación de las variantes con los más disímiles perfiles de actividad. Al utilizar estos protocolos de generación de variabilidad genética y procesos de selección –como sucede en el proceso de evolución natural–, se han obtenido nuevas enzimas con cambios en propiedades físicoquímicas, imposibles de obtener con las técnicas usuales de ingeniería de proteínas.

ROPA LIMPIA

Todos sabemos que hay algunas manchas en la ropa “imposibles” de quitar, como las manchas de grasa de lápiz labial o para lustrar zapatos, las de aguacate y de cualquier otro ingrediente culinario. Los tratamientos más eficientes consistían en lavar a altas temperaturas –por ejemplo, hirviendo la ropa– y tallar con singular energía; sin embargo, estos tratamientos son incompatibles con algunos tejidos y la mejor receta

para arruinarlos. Para facilitar la acción de los detergentes se empezó a agregar a la mezcla enzimas que ayudaban a quitar la “mugre”. Se añadieron lipasas, celulasas, proteasas y amilasas, principalmente, para degradar grasas, celulosa, proteínas y almidón. La acción de estas proteínas ayuda a la solubilización de los componentes de la “mugre” en el detergente y, por ende, a limpiar. Sin embargo, estas enzimas no resultan tan eficientes, pues también son degradadas y solubilizadas, y no alcanzan a llevar a cabo toda su acción limpiadora. Esto ha sido resuelto, en parte, encapsulando las enzimas, de manera que sólo se liberen al contacto con el agua, y buscando variantes que funcionen más eficientemente en las condiciones de lavado.

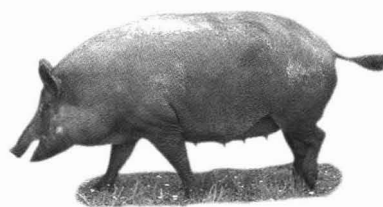


La compañía danesa Novo Nordisk es uno de los principales productores de enzimas para la industria y, como tal, fue pionera en el desarrollo de nuevas soluciones a distintos problemas. Uno de sus productos más exitosos es una lipasa extracelular aislada del hongo *Thermomyces lanuginosa*, la cual, bajo el nombre comercial de *Lipolase*, es adicionada a gran cantidad de detergentes para ropa y trastes. Aunque esta enzima es muy eficiente para los fines esperados, se ha visto que su actividad dista

mucho de ser óptima en presencia de detergentes caseros. Para que funcione, se debe abrir y cerrar una tapa que cubre el sitio activo de la enzima. Los detergentes y solventes en que se ha ensayado esta enzima modulan la actividad interfiriendo con la abertura, y se ha mostrado que mutaciones en la enzima, en la zona de la tapa, varían este efecto. Pese a ser muy barata, y a tener un mercado enorme, la *Lipolase* de Novo Nordisk estaba desperdiciada, pues había que agregar más enzima, ya que trabajaba en condiciones menos óptimas en la lavadora.

Los científicos de esta compañía se dieron a la tarea de mejorar su eficiencia. Los primeros enfoques, basados en la ingeniería de proteínas, consistieron en diseñar mutaciones en sitios específicos de esta enzima, pues pensaron que se obtendrían así variantes más activas en presencia del detergente. Después de va-

rios años de ensayo y error (más lo último que lo primero), reconocieron su ignorancia y se aprestaron a utilizar un enfoque de fuerza bruta. Sabían qué querían obtener: una *Lipolase* más activa en el detergente casero. Sabían que los cambios debían ser en nueve posiciones alrededor del sitio activo, pero no sabían cuáles ni cuántas (y no les importaba mucho). El sistema de selección consistió en buscar variantes que se pegaran a un inhibidor en presencia de detergente casero sólo cuando eran activas. Como no conocían las mutaciones necesarias, diseñaron una colección con todas las combinaciones posibles de mutaciones en los nueve sitios identificados. Inicialmente encontraron que la mayoría de los cambios eran deletéreos para la enzima, ya que perdía toda actividad, aunque existían variantes hasta con siete cambios simultáneos, las cuales seguían siendo activas, pero menos que la cepa inicial. Posteriormente se percataron de que tenían demasiadas mutaciones a la vez, y el hecho de tener siempre alguna que era nociva hacía que la actividad no fuera óptima. Al rehacer sus bancos y favorecer la presencia de variantes con pocas mutaciones, encontraron que un solo cambio (el cual no habían predicho ni observado) era suficiente para obtener una mejor actividad en presencia de detergente. Esta mutante se llama ahora *Lipolase Ultra*, y pronto se encontrará en un detergente cerca de usted. Las ventajas que confiere desde el punto de vista económico consisten en obtener el mismo poder limpiador con una menor cantidad de enzima que no cambia casi de precio. Por otro lado, se sabe que algunas de las enzimas que se agregan a estos detergentes pueden ser alergénicas, por lo cual, al disminuir su cantidad, disminuye el riesgo de tener efectos no deseados.



CERDITOS CONTENTOS I

El fósforo es uno de los nutrientes esenciales para todos los organismos, ya que es usado para los procesos básicos de la vida. Como tal, en la forma de fosfato, debe ser parte de la dieta de cualquier organismo para que siga viviendo. Las plantas incorporan el fosfato inorgánico del suelo en distintas moléculas, como el ácido fítico. Idealmente, cuando un animal se come a una

planta, debería incorporar el fosfato proveniente de la misma. Sin embargo, se ha visto que la mayoría de los animales no aprovechan esta fuente, ya que carecen de las enzimas necesarias para degradar el fitato. Así, el ácido fítico sale como entra, y sólo es degradado por enzimas de hongos y otros microorganismos en el estiércol. Cuando esto se multiplica por el número de animales que se encuentran en una granja de ganadería intensiva, la cantidad de fosfato liberado al medio ambiente es muy grande y contamina los ríos y lagos aledaños. El fosfato es, en general, el nutriente limitante para el crecimiento de las algas y plantas acuáticas, por lo que su adición intempestiva en estos cuerpos de agua provoca un sobrecrecimiento. Al morir, estas plantas son degradadas por bacterias que consumen la mayoría del oxígeno disuelto, al grado de que los peces comienzan a morir masivamente. Por lo tanto, tenemos un problema bastante complejo: aunque la comida de animales de granja contiene naturalmente grandes cantidades de fosfatos, no se utiliza eficientemente, por lo que debemos agregar más para que estén sanos y crezcan bien. A su vez, el fosfato sin utilizar provoca un problema de contaminación acuática muy serio.

Una de las primeras acciones para resolver esta paradoja fue la de agregar fitasa, la enzima que degradaba el ácido fítico, a las mezclas de alimento para liberar los fosfatos. Esto funcionaba bien, salvo por un detalle: la comida que se utiliza en las granjas está procesada para formar croquetas, a través de un proceso de calentamiento de la mezcla de alimentos a más de 80°C, y esto desactiva cualquier fitasa natural conocida hasta ahora. Para liberar el fosfato era necesario agregar grandes cantidades de enzima que actuaran antes de que la mezcla se fermentara. Esto era económicamente inviable y técnicamente difícil de controlar; por lo tanto, era imperativo buscar una fitasa termorresistente que sobreviviera al proceso de preparación de la comida. Una manera de obtener enzimas termoestables era buscarlas en organismos que viven a altas temperaturas. Al realizar estas búsquedas resultó que las fitasas sólo se encuentran en organismos que crecen a temperaturas de entre 20 y 40°C. La única alternativa era tomar alguna fitasa y

obtener variantes activas a temperaturas cada vez mayores. Varios grupos de investigación, tanto en el sector académico como en algunas de las compañías más grandes, se abocaron a la tarea; sin embargo, los resultados obtenidos eran magros y no se alcanzaban niveles altos de termorresistencia. Uno de estos grupos, perteneciente a la compañía Roche Vitamins, usó un enfoque totalmente novedoso. Al comparar las secuencias de aminoácidos de fitasas provenientes de varios hongos, se observó que no se podía atribuir ninguna propiedad catalítica ni físicoquímica particular a las diferencias observadas y que eran bastante parecidas. Se decidió sintetizar una proteína con la secuencia consenso de todas estas enzimas. Esta quimera tenía todo lo común a estas fitasas y carecía de los cambios que las individualizaban. La sorpresa fue mayúscula cuando se advirtió que esta quimera era mucho más termoestable y tan activa como cualquiera de las otras. Además, ninguna de sus propiedades catalíticas estaba alterada. Se obtuvieron más secuencias de fitasas y se generó un nuevo consenso, que se volvió a sintetizar. Esta nueva quimera resistía temperaturas cerca de los 100°C, aunque era un poco menos activa. Se generaron mutantes al azar y se encontró una variante que, aunque perdía un poco la capacidad de termorresistencia, adquiría, en cambio, el nivel de actividad enzimática original. Las pruebas realizadas hasta ahora muestran que cuando se agrega esta enzima a la comida, los animales que la ingieren asimilan hasta 60 por ciento más de fosfato y, por ende, producen mucho menos contaminación.

CERDITOS CONTENTOS II

Recientemente otra alternativa para solucionar este problema fue propuesta. Ya que los animales de granja carecían naturalmente de fitasa, había que modificarlos genéticamente, de manera que la produjeran endógenamente. Un grupo de veterinarios daneses y canadienses decidió hacer cerdos transgénicos que produjeran fitasa en la saliva. Sin hacer el cuento largo, utilizó técnicas modernas de ingeniería genética y de generación de transgénicos, y obtuvo 14 lechones que producían fitasa en la saliva en cantidades variables. El análisis de estas líneas mostró que los que producían la mayor cantidad de fitasa eran capaces de aprovechar prácticamente todo el ácido fítico encontrado en su forraje, sin necesitar suplemento adicional, y que además excretaban niveles muy bajos de fosfato. Estos cerdos representan un enfoque totalmente original al problema del control de la nutrición de fosfatos y la contaminación asociada.

Las técnicas actuales de evolución dirigida e ingeniería de proteínas han permitido la obtención de soluciones viables a problemas de lo más diverso. En este momento, una de las limitaciones principales en esta área de investigación es el número de variantes que uno puede generar; uno puede obtener hasta 10^8 (cien millones) de variantes en un experimento utilizando las técnicas estándar de laboratorio. Sin embargo, recientemente se han reportado técnicas que permiten obtener hasta 10^{14} (cien billones) de variantes, lo cual nos permitirá acceder a un nivel mucho mayor de complejidad en nuestra investigación. ☼

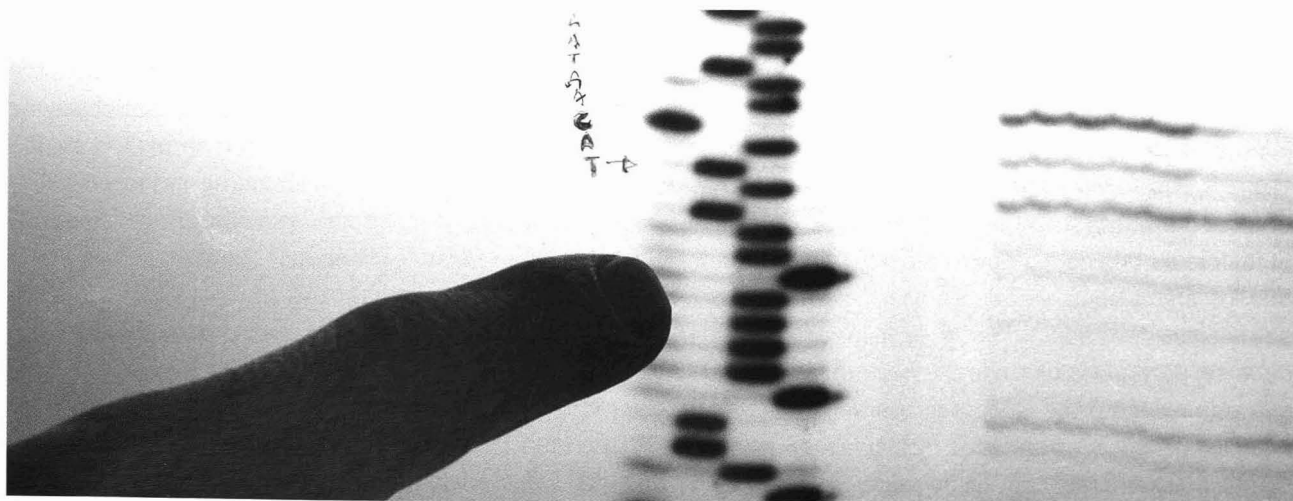
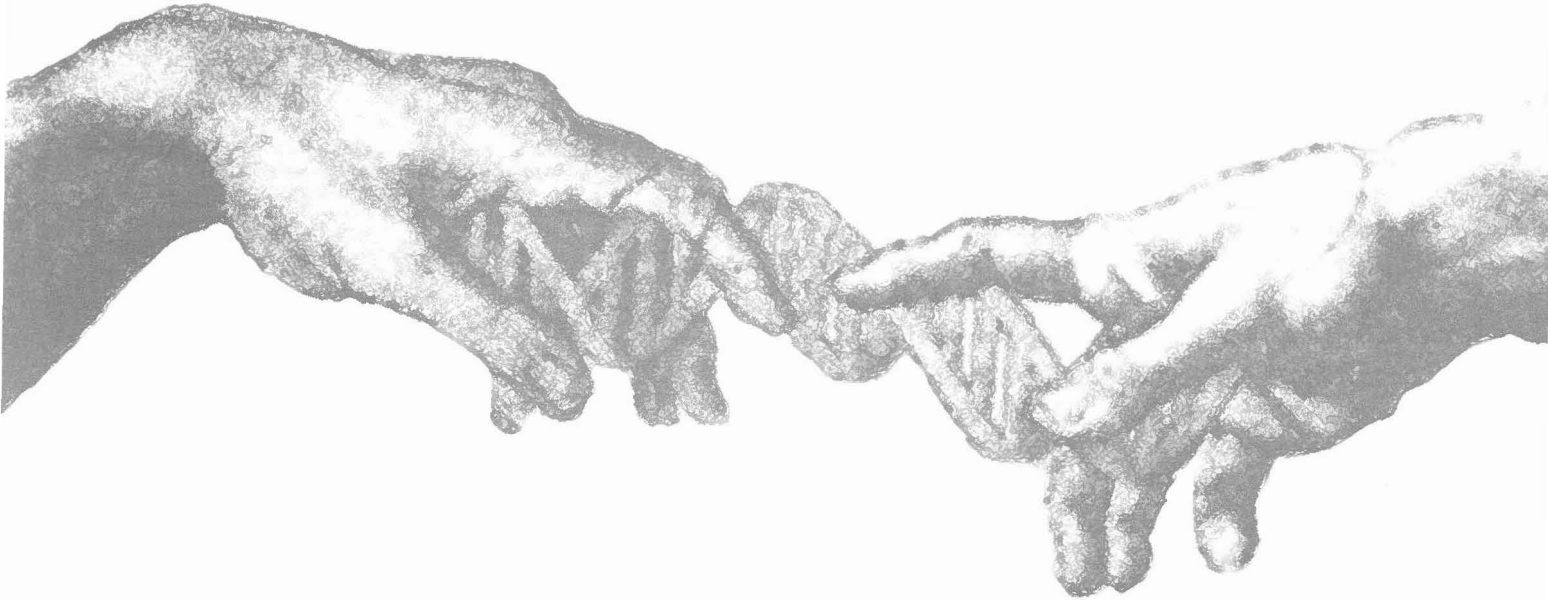


Foto: 3 Ríos

ANÁLISIS DE SECUENCIAS EN LA ERA GENÓMICA UNA MIRADA HACIA EL PASADO

Enrique Merino*



Frecuentemente se relaciona el genoma con “el libro de la vida”. Esta analogía se debe a que ambos pueden ser leídos secuencialmente, en una dirección determinada, de principio a fin, una letra tras otra, y porque en el genoma se encuentra la información necesaria para hacer de cada organismo lo que es, lo que lo constituye en ser vivo. El alfabeto con que está escrito este libro es extremadamente sencillo. Consta de tan sólo cuatro caracteres a los que se les han asignado las letras A, C, G, T, por el nombre de las bases nitrogenadas a las que hacen referencia: adenina, citosina, guanina y timina. Hasta la fecha hemos leído en su totalidad más de un centenar de genomas de organismos diferentes, desde los más sencillos, como las bacterias, hasta los más complejos, incluyendo el humano.

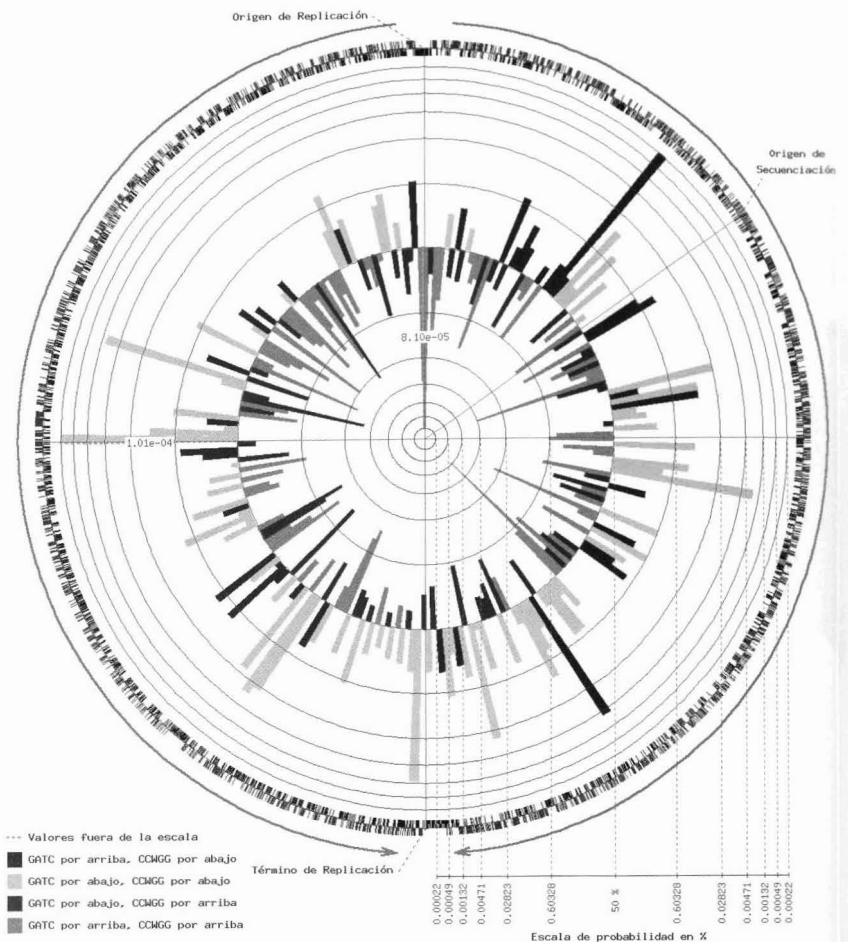
¿Qué tan bien entendemos lo que hemos leído en los genomas? ¿Qué tan complejo ha resultado el contenido del libro y cuáles son los elementos conceptuales que hemos desarrollado para su análisis? Sin duda alguna, una piedra angular en este proceso cognoscitivo fue el trabajo de Gregor Mendel, que en 1865 elaboró las primeras bases matemáticas para la descripción de los procesos de la herencia y la predicción de las características observables de un organismo (fenotipo), a partir de lo que llamó elementos de información hereditarios (genotipo). Unas décadas más tarde, Walter Sutton demostró que los elementos de información hereditarios descritos por Mendel se encontraban en el interior de todas las células y que presentaban estructuras alargadas, a las que llamó “cromosomas”. De manera análoga a los distintos capítulos que contiene un libro, el genoma de un organismo tiene desde uno hasta varios cromosomas. Pocos años después, Wilhelm Johannsen acuñaría el nombre de “genes” para la unidad de información hereditaria contenida en los cromosomas. No fue hasta 1928 cuando Fred Griffith

* Investigador del Instituto de Biotecnología de la UNAM

realizó la primera transformación *in vitro* de un organismo, al convertir cepas no patógenas de *Diplococcus pneumoniae* en patógenas, utilizando un elemento transformador proveniente de la cepa infecciosa.

Después de una década y media, Oswald Avery, Colin MacLeod y Maclyn McCarty identificaron que este elemento transformador era el ácido desoxirribonucleico, también llamado ADN. Inesperadamente para Avery y sus colaboradores, la molécula donde residía la información genética, el ADN, era mucho más simple de lo imaginado. Solamente cuatro elementos lo constituían: un azúcar sencillo del tipo de la desoxirribosa, radicales fosfóricos y las cuatro bases nitrogenadas antes mencionadas: A, C, G, T. Estudiando el ADN de distintos organismos, Erwin Chargaff demostró en 1950 que existía una relación equimolar en estas bases: por cada molécula de adenina existía una de timina y por cada molécula de citosina existía otra de guanina. A principios de la década de los cincuenta, un grupo de investigadores, bajo la dirección de Maurice Wilkings y Rosalind Franklin, se dio a la tarea de analizar el patrón de difracción que sufren los rayos X al pasar a través de un cristal de ADN, lo que les permitió sugerir que el ADN era una molécula helicoidal que se repetía cada 34 angströms (Å) y tenía un ancho constante. Con esta información, en 1953 James Watson y Francis Crick finalmente propusieron la estructura de la doble hélice del ADN, con lo que se inició una nueva era en las ciencias biológicas.

Si bien el alfabeto del material genético había sido descifrado, aún quedaban por resolver varias interrogantes. ¿Dónde radica la información necesaria para que el ADN se autorreplice?, o más aún, ¿cómo puede ser utilizada esta información para codificar macromoléculas más complejas, como las proteínas? Las aportaciones conceptuales de diversas investigaciones realizadas durante la segunda mitad de la década de los cincuenta y principios de los sesenta, permitieron a Francis Crick formular el dogma central de la



Representación gráfica del genoma de la bacteria *Escherichia coli*. Cada línea de los círculos externos (líneas naranjas y amarillas) señala la ubicación de los más de cuatro mil genes en el cromosoma circular de esta bacteria. La palabra genoma (genoma) fue empleada por primera vez por Hans Winkler en 1920 para referirse al conjunto de *gen-es* en un cromosoma. Actualmente se utilizan las palabras proteoma, transcriptoma, interactoma, reguloma o metaboloma para definir el conjunto de proteínas, transcritos, interacciones entre proteínas, elementos de regulación o del metabolismo de un organismo, respectivamente

biología molecular, que describe el flujo de la información genética. En este postulado se explica que el ADN puede dirigir su propia síntesis en un proceso llamado replicación, en el que cada una de las dos hebras del ADN sirve como molde para la síntesis de su correspondiente hebra complementaria. En un paso posterior, llamado transcripción, el ADN también servía como templado para la síntesis del ARN, otro ácido nucleico similar al ADN que posee ribosa en lugar de desoxirribosa en su cadena lateral. Finalmente, la información contenida en el ARN podría ser empleada para dirigir la síntesis de las proteínas en un proceso llamado traducción.

A diferencia del ADN y el ARN, las proteínas están formadas por aminoácidos. Hoy en día sabemos que la composición y orden secuencial de los aminoácidos determinan la estructura y función de las mismas, que a su vez están predefinidas por la secuencia nucleotídica del ADN. Por lo anterior, una de las primeras inferencias del análisis de la secuencia de un genoma consistió en determinar el posible conjunto de proteínas que tendría el organismo en cuestión. De ahí el interés de secuenciar el mayor número de genomas de la manera más completa.

LA ERA DE LA SECUENCIACIÓN DE LOS GENOMAS

Paradójicamente, los primeros genomas en secuenciarse totalmente no correspondieron a organismos vivos, sino a los virus bacterianos phi-X174 y lambda, al final de la década de los ochenta. Pese a que el tamaño de estos genomas es de apenas algunos miles de pares de bases, constituyen un ejemplo de cómo la secuencia de un genoma completo puede “armarse” a partir de la de varios fragmentos de menor tamaño. A partir de entonces, las mejoras continuas en las técnicas de secuenciación han permitido que el crecimiento de las bases de datos de ácidos nucleicos haya sido, y siga siendo en nuestros días, de tipo exponencial. Como consecuencia de estos avances metodológicos, en 1995 se concluyó por primera vez la secuenciación de un organismo vivo: la bacteria patógena *Haemophilus influenzae*, agente causal de la gripe. Con sus casi dos millones de pares de bases, esta bacteria es capaz de codificar mil 714 proteínas, un número muy superior al extraordinariamente pequeño número de 11 proteínas del bacteriófago phi-X174, o al de las 71 proteínas del bacteriófago lambda. Con este monumental logro se inició una nueva era en la ciencia: la era genómica.

En la actualidad se ha secuenciado más de un centenar y medio de genomas. Éstos incluyen miembros de las tres ramas del árbol de la vida: eubacterias, archaeobacterias y eucariotas. Al inicio de la era genómica, una clara tendencia por secuenciar genomas pequeños de organismos patógenos fue observada. Así por ejemplo, en 1995 se publicó la secuencia del genoma del parásito *Mycoplasma genitalium* relacionado con uretritis no gonococal. A la fecha, esta bacteria

es el organismo con el menor genoma conocido, ya que sólo cuenta con medio millar de genes, que lo hace un modelo interesante para entender las características metabólicas y genéticas de los primeros seres vivos. Un año después se publicó la secuencia del genoma de *Methanococcus jannaschii*, que resultaba de gran importancia por ser el primer representante del grupo de las archaeobacterias, con el cual se realizaron los primeros análisis comparativos entre genomas de archaeobacterias y eubacterias. Asimismo, la secuenciación de *Methanococcus jannaschii* resultó de gran importancia, ya que representaba el primer organismo totalmente auxótrofo secuenciado, que permitía conocer el conjunto de genes en que está basado el metabolismo, necesario para sintetizar los componentes esenciales de la vida a partir de compuestos inorgánicos. A este par de genomas lo siguieron otros de organismos patógenos, como *Helicobacter pylori*, cuya presencia en la mucosa gástrica está asociada con la gastritis crónica y carcinomas gástricos; así también los genomas de *Neisseria meningitidis*, *Treponema pallidum* y *Vibrio cholerae*, agentes causales de la meningitis, sífilis y cólera, respectivamente. El genoma de *Plasmodium falciparum*, agente causal de la malaria, y el de su organismo transmisor, el mosquito *Anopheles gambiae*, fueron secuenciados de manera casi simultánea en 2002, con lo que se abrió una nueva puerta para el desarrollo de una vacuna y el diseño de nuevas medicinas para combatir esta grave enfermedad.

No todos los genomas que han sido secuenciados corresponden a organismos nocivos. En 1996 fue publicada la secuencia del genoma de un organismo que ha sido utilizado por siglos en la industria alimenticia: la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Este acontecimiento, de gran importancia científica, constituyó el primer ejemplo de un organismo eucariote cuyo genoma había sido secuenciado en su totalidad. La sencillez de este organismo unicelular, cuyo genoma eucariote es el más pequeño conocido, lo ha hecho un excelente modelo de estudio. Los adelantos en las técnicas de secuenciación, así como el desarrollo de mejores programas de cómputo para su análisis, permitieron la secuenciación de genomas de mayor tamaño, como los de la primera planta secuenciada *Arabidopsis thaliana*; de dos variedades de arroz, *Oriza sativa japonica* y *Oriza sativa indica*; del

nemátodo *Caenorhabditis elegans*; de la mosca *Drosophila melanogaster*; del pez cebra, *Danio rerio*, y el del pez globo, *Fugu rubripes*, por mencionar algunos de los genomas representativos, secuenciados, que sentaron las bases del siguiente gran paso en las ciencias genómicas: la secuenciación del genoma humano.

EL GENOMA HUMANO

Mucho se ha hablado sobre el proyecto de secuenciación del genoma humano. Ésta es, sin duda, una piedra angular en las ciencias genómicas, y su realización ha requerido la colaboración de varios centros internacionales de secuenciación. Cabría preguntarnos si nuestro interés antropocéntrico ha tenido el fruto esperado. Con la esperanza de que la determinación de ese genoma ayude a la implementación de nuevas terapias génicas y a la realización del diagnóstico molecular de diversas enfermedades hereditarias, la industria genómica mundial ha invertido más de 60 mil millones de dólares. Paradójicamente, menos de cinco por ciento de los tres mil millones de bases del genoma humano codifica genes. El resto de la secuencia contiene un número inesperadamente alto de secuencias repetidas que dificultan la labor de identificación de regiones codificantes y, en consecuencia, reduce la utilidad de la secuenciación de nuestro genoma.

Es importante considerar que, tanto en el genoma humano como en el de otros organismos superiores, los genes transcritos en ARNs mensajeros pueden ser editados y procesados mediante la eliminación de regiones llamadas intrones. Los fragmentos restantes o exones son unidos para dar lugar a ARNs maduros. Dependiendo de este proceso de edición, un mismo gen puede dar origen a diferentes variantes de ARNs que, una vez traducidos, darán origen a sus correspondientes proteínas. Se estima que cerca de 38 por ciento de los genes en el humano son procesados de esta manera y que en promedio dan origen a 3.7 transcritos distintos por gen. Determinar correctamente los sitios de corte de intrones a partir del análisis de las secuencias nucleotídicas es, por tanto, de gran importancia. A pesar de que se han obtenido avances significativos en el desarrollo de métodos computacionales para determinar esos lugares de corte, un gran número de predicciones sobre la maduración de ARNs mensajeros no

corresponden a los datos de secuenciación de fragmentos de ADN complementario (cADN) o al de los ARNs mensajeros procesados *in vivo*. Actualmente se realizan microarreglos con oligonucleótidos sintéticos de secuencias que potencialmente corresponden a exones. Los resultados de tales estudios serán de gran utilidad para que mejores programas de cómputo sean elaborados y se logre una mejor predicción *in silico* de tan complejo proceso biológico.

Sumada a la dificultad del reconocimiento de los genes y al de la predicción del procesamiento de sus correspondientes ARNs, la asignación de las funciones biológicas de las proteínas para las que codifican ha sido igualmente difícil. A la fecha existe un gran número de genes cuya función es aún desconocida por no tener similitud con genes de otros organismos que hayan sido caracterizados. Se estima que el número de genes en el genoma humano sea de 30 mil, considerablemente pequeño y tan sólo de aproximadamente el doble del número que poseen los genomas del gusano *Caenorhabditis elegans* o el de la mosca *Drosophila melanogaster*, y tan sólo seis veces mayor al de la levadura, organismo eucariote unicelular. Por tanto, es claro que las grandes diferencias en términos de complejidad y capacidad que tenemos los humanos respecto al resto de los organismos no está dado tan sólo por el número de genes que poseemos. Al parecer esas diferencias radican en el hecho de que los genes humanos son más complejos en su composición, ya que están formados por un mayor número de dominios funcionales y una serie de combinaciones nuevas de los mismos.

¿Cuáles son los elementos esenciales que diferencian a los humanos de otros organismos? Más aún, ¿podremos identificar qué nos hace diferentes a unas personas de otras? Se sabe que, en promedio, el genoma entre dos personas varía en promedio un par de bases por cada mil de ellas. ¿Cuáles cambios son significativos? ¿Cómo se codifica nuestra conducta y capacidades innatas? ¿Dónde reside nuestra capacidad de ser creativos? Las respuestas a estas y muchas otras preguntas están escritas en nuestros genomas. La tarea de descifrar esa información a través de su análisis es uno de los nuevos retos a resolver en un futuro próximo.



La disponibilidad, gracias a internet, de consultar un gran número de bases de datos y de servidores para el análisis de esta información ha sido un elemento central en la bioinformática y otras ciencias genómicas. Actualmente existen bases de datos de secuencias nucleotídicas; secuencias de aminoácidos y sus correspondientes estructuras secundarias y tridimensionales; de redes de interacciones entre proteínas; del ARN transcrito (transcriptoma), y del conjunto de proteínas (proteoma) que existen en el organismo en diferentes condiciones de crecimiento, así como del metabolismo del mismo (metaboloma).

La secuenciación del genoma humano, junto con la de otros cientos de genomas caracterizados, muestra claramente nuestra capacidad para secuenciar organismos aislados y perfectamente definidos, y establece las bases para un siguiente paso, que es la secuenciación simultánea de los genomas de organismos que pertenecen a un mismo ecosistema: el metagenoma.

LA SECUENCIACIÓN DE METAGENOMAS

El Instituto de Alternativas en Energía Biológica (IBEA), en Estados Unidos, ha empezado la secuenciación masiva de los genomas de miles de microorganismos que viven en el mar de los Sargazos. Sin duda alguna es uno de los proyectos genómicos más importantes de nuestros días, del que se espera obtener la secuencia de un *metagenoma* o conjunto de genomas de organismos que constituyen un ecosistema. Aunque se ha planteado elaborar el proyecto en tan sólo tres años, se espera que genere más información, en términos de secuencia genómica, de la que contamos en la actualidad, ya que pasaremos del orden de centenas de genomas secuenciados al de decenas de miles. De acuerdo con el responsable principal de este proyecto, Craig Venter, puede existir mayor información genética en el conjunto de organismos que viven en un litro de agua de mar, que la existente en el genoma humano.

Con esta nueva visión de las ciencias genómicas en la caracterización de ecosistemas se espera obtener un *catálogo* de la diversidad del mar. El principal desafío metodológico del proyecto radica en que la mayoría de los microorganismos de este ecosistema no crecen en condiciones de laboratorio y, por tanto, no es posible aislar individualmente a los organismos para su secuenciación. En este caso, la secuenciación de los genomas se realizará con muestras tomadas directamente del mar y, posteriormente, mediante el análisis por computadora con algoritmos similares a los empleados en la secuenciación del genoma humano. Cada fragmento de ADN secuenciado será identificado y ensamblado en su correspondiente genoma. Para entender la complejidad de este proceso habrá que imaginar el armado de miles de rompecabezas diferentes, cuyas piezas se han mezclado entre sí. Evidentemente esta tarea implicaría mucho más trabajo que resolver el mismo número de rompecabezas individualmente.

¿Qué aprenderemos de un proyecto metagenómico como el anterior? Posiblemente realizaremos la caracterización de nuevos genes que revelen el tipo de compuestos químicos utilizados por estos microorganismos como alimentos y el tipo de compuestos que pueden generar, así como describir las nuevas vías metabólicas que tienen e identificar cuáles de ellas intervienen en la conversión de la luz solar en energía. Se espera que este conocimiento sea empleado en nuestra vida diaria, ya que permitirá el diseño de metodologías alternativas para la generación de energía.

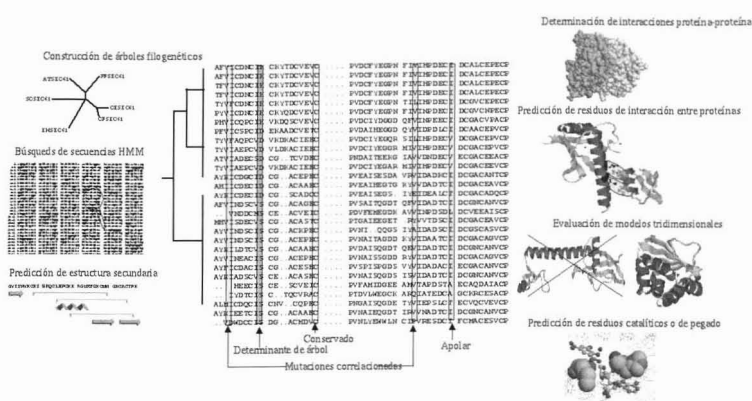
ANÁLISIS COMPARATIVO DE SECUENCIAS

Las proteínas son los principales actores de las funciones celulares. Durante su proceso evolutivo pueden aceptar mutaciones y continuar llevando a cabo su misma función en diferentes organismos (ortólogos), o evolucionar para adquirir nuevas funciones dentro del mismo organismo (parálogas). En cualquier caso, ortólogos o parálogos, un par de proteínas es considerado como homólogo cuando comparten un ancestro común y sus secuencias –tal como las conocemos hoy–, y son el producto de un largo proceso evolutivo de mutaciones y selección, con base en la estructura y función de las mismas.

Las huellas de ese proceso evolutivo pueden ser observadas cuando las secuencias de algunos miembros de la familia son comparadas en pares, o bien, cuando son comparadas simultáneamente, a lo que se ha llamado “alineamientos múltiples de secuencias”. Por lo común, tales comparaciones son efectuadas con secuencias de aminoácidos, en vez de las secuencias nucleotídicas de los genes que las codificaron, ya que las primeras son más informativas debido a las diferentes propiedades fisicoquímicas que poseen los aminoácidos. Dada la riqueza de información que guardan los alineamientos, han sido usados en bioinformática para realizar diferentes tipos de análisis, entre los que se encuentran aquéllos relacionados con procesos evolutivos dentro de la familia, y que generalmente son representados como árboles filogenéticos, o bien, en la determinación de la estructura secundaria de las proteínas mediante algoritmos de redes neurales que consideran las tendencias de cada aminoácido a formar parte de elementos estructurales de acuerdo con su entorno, o aun para identificar a miembros lejanos de la familia, cuyo parentesco es indetectable cuando se compara individualmente con un elemento de la familia, pero que es identificado si se considera la información acumulada del alineamiento múltiple, utilizando modelos probabilísticos llamados “cadenas de Markov escondidas”.

Adicionalmente, los aminoácidos conservados en un alineamiento múltiple indican que son esenciales para la estructura y función de los miembros de la familia, mientras que los residuos conservados en algunos miembros de la misma suelen estar relacionados con la función y la filogenia de una subfamilia (determinantes de árbol). Los residuos conservados en un alineamiento múltiple no son los únicos residuos informativos. También lo son aquellos residuos que varían de manera coincidente en dos familias de proteínas; es decir, aquellas mutaciones correlacionadas en las dos familias de proteínas. Esas mutaciones indicarían una coevolución y se consideran una evidencia indirecta de que tales proteínas interactúan físicamente.

Los análisis de secuencias antes mencionados consideran la información de la cadena de peptídica como



La información contenida en las secuencias de proteínas es de gran valor para distintos tipos de análisis dentro de la bioinformática

una secuencia lineal de aminoácidos. Sin embargo, sabemos que la estructura que adoptan las proteínas en el espacio es esencial para su función; por ello, considerar la estructura tridimensional de las proteínas en los diferentes análisis de secuencia resulta de gran valor. Actualmente se conoce la estructura tridimensional de un poco más de 22 mil proteínas, y existen diferentes proyectos genómicos cuyo objetivo es determinar, por métodos experimentales, la estructura de cada proteína que constituye el proteoma de un organismo. Estos proyectos forman parte de la genómica estructural. El trabajo que implica determinar la estructura tridimensional de una proteína es muy superior al de obtener la secuencia nucleica del gen que la codifica. Por lo tanto, el número de proteínas con estructura desconocida excede en mucho al número de las conocidas. Las reglas que gobiernan el plegamiento de una proteína son muy complejas, por lo que la inferencia de la estructura de una proteína exclusivamente a partir de su secuencia se limita a algunas proteínas de tamaños muy pequeños.

Afortunadamente se han desarrollado métodos computacionales para inferir la estructura de una proteína a partir de su secuencia mediante su comparación con la de aquellas proteínas similares, con estructura tridimensional determinada. Por lo tanto, este método de asignación requiere que exista una proteína molde adecuada y, en consecuencia, está limitado por el repertorio de estructuras conocidas. No obstante, se espera que en un futuro próximo las bases de datos de

estructura de proteínas crezcan significativamente y faciliten la asignación de la estructura, así como la función de proteínas identificadas en los proyectos de secuenciación genómica.

LA FORMA TAMBIÉN IMPORTA. CURVATURA DEL ADN

Como se mencionó con anterioridad, el primer modelo de la estructura del ADN propuesto por James Watson y Francis Crick suponía que la doble hélice de ADN ocupaba el espacio de un cilindro regular cuyas bases nitrogenadas se apilaban en planos paralelos. Hoy en día sabemos, por resultados experimentales y teóricos, que las bases nucleicas pueden presentar ciertos desplazamientos lineales y angulares que dan como resultado fragmentos curvos de ADN. Actualmente la posición en el espacio de la cadena de ADN es calculada mediante algoritmos matemáticos que realizan la suma acumulativa de los desplazamientos angulares (alrededor de los ejes x, y, z) y lineales (a lo largo de los ejes x, y, z) de cada par de bases dentro de la secuencia del ADN. La magnitud de esos desplazamientos puede ser evaluada mediante el uso de matrices de rotación y traslación, cuyos valores han sido determinados experimentalmente. A este tipo de curvatura se le ha llamado “curvatura estática” o “curvatura intrínseca” para diferenciarla de la curvatura del ADN introducida a través de ciertas proteínas.

La relevancia de las regiones curvas en el ADN en diferentes procesos biológicos, como recombinación, replicación y regulación transcripcional, ha sido investigada por más de 25 años. En la mayoría de estos estudios experimentales las regiones de ADN curvo analizadas han sido pequeñas. El uso de algoritmos matemáticos en la predicción de la geometría del ADN abre la posibilidad de extender el estudio de curvatura del ADN de *loci* discretos a regiones de ADN de mayor longitud, incluyendo el análisis de las secuencias de genomas enteros. La riqueza de información de estos estudios permite analizar con mayor profundidad diferentes modelos biológicos y formular nuevas preguntas nunca antes imaginadas. ¿Cuál es el papel biológico de la curvatura estática del ADN en el genoma de los organismos? Recientemente, estudios *in silico* de los genomas totalmente secuenciados han establecido que la curvatura promedio de los genomas varía considera-

blemente de organismo a organismo, y que es una función directa de la frecuencia global de los dinucleótidos del genoma en cuestión. Cabe mencionar que la capacidad para evaluar el grado de curvatura del ADN a partir de su secuencia nucleotídica ha permitido corroborar su función como elemento activo del proceso de la regulación transcripcional, y se ha podido demostrar que esta función del ADN curvo puede estar conservada entre genes ortólogos de diferentes organismos filogenéticamente distantes, aunque estas regiones no presenten conservación de secuencia, lo que implica que la propiedad geométrica del ADN es biológicamente significativa.

CONSTRUCCIÓN DE MODELOS BIOLÓGICOS

Una tendencia generalizada en las ciencias biológicas del siglo xx fue estudiar los componentes celulares y sus funciones de manera independiente, dentro de un esquema que podría llamarse “reduccionista”. Con base en este enfoque se ha generado un conocimiento significativo dentro de cada una de las ramas de la biología, y se espera que el impacto de nuevas tecnologías permita que la velocidad con que se genera tal información sea notoriamente mayor. Claros ejemplos de ello se encuentran en las ciencias genómicas con la secuenciación de organismos o con la cuantificación masiva de los transcritos del organismo bajo condiciones específicas de crecimiento. ¿Qué conocimiento puede ser generado con base en esta información? ¿Podemos avanzar hacia una nueva etapa que integre y relacione las partes para entender el todo? Hoy en día se empieza a reconocer a las células como sistemas que representan redes complejas de interacción entre sus productos génicos y que tienen como resultado las funciones fisiológicas observables. ¿Cómo se pueden construir modelos computacionales que representen el estado fisiológico de un organismo?

Un modelo matemático es una representación de un conjunto de fenómenos o sucesos reales. Ese modelo se ha aplicado exitosamente en ciencias exactas, como la física, donde se han modelado eventos tan simples como la deformación de un resorte bajo una fuerza determinada, hasta eventos complejos como los que encontramos en los simuladores de vuelo que se emplean en la aeronáutica. Sin embargo, dada la com-

plejidad y el aún reducido conocimiento de los procesos biológicos, el modelado de la respuesta celular ha tenido alcances más limitados. Entre los principales enfoques que se han utilizado con este fin, se encuentran los basados en el análisis de distintos tipos de redes que representan las interacciones dentro de los elementos del sistema.

Las redes de interacción entre proteínas dentro de las cascadas de señalización y redes metabólicas son, sin duda, temas centrales en la elaboración de modelos celulares, por lo que resulta necesario determinar cuáles, de las miles de proteínas dentro del organismo, pueden interactuar formando un complejo funcional. El estudio del reconocimiento molecular ha sido y sigue siendo fundamental para elucidar el funcionamiento de los sistemas biológicos. En esta dirección se ha desarrollado una variedad de metodologías experimentales y computacionales para dilucidar la red de interacciones proteicas que ocurren en una célula. Experimentos masivos con sistemas de dos híbridos, de aislamiento sistemático de complejos multienzimáticos, así como de correlación de la expresión de mensajeros, han empezado a describir estas interacciones. La información obtenida del análisis de las secuencias genómicas también ha sido de amplia utilidad. La existencia de una proteína híbrida en un genoma, representando la fusión de dos proteínas independientes en otro genoma, puede ser utilizada como evidencia indirecta de interacción, al igual que la conservación de la vecindad de dos o más genes y, en menor grado, su conservación en operones o el patrón que resulta de su presencia o ausencia conjunta en distintos genomas. La similitud de los árboles filogenéticos ha servido también para predecir interacción entre dos familias de proteínas. Otro método computacional de este último grupo se basa en la identificación de la variación coordinada (mutaciones correlacionadas) que ocurre entre aquellos aminoácidos que se encuentran en las interfaces de interacción de dos proteínas. La confiabilidad con que los distintos métodos, tanto teóricos como experimentales, predicen una interacción física real varía, pero en general la evaluación de las predicciones para cualquier método ha mostrado que los niveles de error aún son altos y su cobertura tiende a ser baja. Pese a lo anterior, la certeza de las prediccio-

nes aumenta considerablemente cuando más de un método independiente arroja los mismos resultados. Por tal motivo, el desarrollo de herramientas de cómputo para extraer y ponderar la información de interacciones públicamente disponibles y las resultantes del análisis de secuencias genómicas aportará las bases para definir el *interactoma* de diferentes organismos.

Para representar el metabolismo celular de una manera precisa sería necesario, entre otras cosas, conocer los parámetros cinéticos y la concentración de cada uno de los elementos que intervienen en las vías metabólicas. Aun para los organismos mejor caracterizados esa información es limitada y, en muchos casos, inexistente. Por ello, el éxito de los modelos cinéticos dentro de la ingeniería de vías metabólicas ha sido modesto. No obstante, en ausencia de información cinética se han elaborado modelos metabólicos con base en la distribución de flujos, bajo el supuesto de un estado en equilibrio. Este análisis se funda en la estequiometría de las reacciones metabólicas, que básicamente representan restricciones de balance de masas. A diferencia de los modelos cinéticos, los modelos estequiométricos no plantean encontrar el comportamiento preciso de la red metabólica, sino determinar un espacio de soluciones posibles, con base en las restricciones de estequiometría impuestas a la red. De este conjunto de soluciones se determina aquella para la cual es máxima alguna función específica. Por ejemplo, se ha utilizado con éxito la programación lineal para encontrar la solución de la red que maximiza la velocidad específica del crecimiento celular, con el fin de modelar algunas de las propiedades de cepas de *Escherichia coli* silvestre y algunas de sus mutaciones.

Por otro lado, las redes de regulación de la expresión genética representan los diferentes elementos, por lo que los genes de una célula son transcritos en la cantidad y tiempo requeridos para contender con los estímulos externos o con base en un programa de desarrollo predeterminado. Con anterioridad se han utilizado distintos enfoques para realizar esa representación, desde los más sencillos, que consideran estados binarios (encendido/apagado), hasta los más complejos, que representan estados discretos. Una parte esencial en la construcción de este tipo de redes es la identificación de los efectores de la regulación, en general proteínas reguladoras, y el de sus correspondien-



CENTRO INAH MORELOS

MÁS DE TRES DÉCADAS DE VIDA INSTITUCIONAL EN DEFENSA DEL PATRIMONIO HISTÓRICO CULTURAL

Ramón López Vela*

El Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) fue creado en 1939 durante la gestión del presidente Lázaro Cárdenas del Río, como parte de una estrategia educativa para la defensa de la soberanía mediante la revalorización de nuestro patrimonio nacional. Actualmente tiene a su cargo, por disposición de la *Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas* de 1972, la salvaguarda, investigación y difusión del patrimonio arqueológico e histórico de México hasta el siglo XIX.

No fue hasta 1973 cuando se creó oficialmente en Morelos un centro regional para atender los sitios arqueológicos y los monumentos históricos edificados entre 1521 y 1899 tanto en ese estado como en Guerrero. Sus oficinas se ubicaron originalmente en el Palacio de Cortés; posteriormente se trasladaron a un espacio histórico en el centro del pueblo de Acapantzingo, que albergó la Casa del Olindo, construida por encargo del emperador Maximiliano. El inmueble acoge actualmente al Museo de Medicina Tradicional y Herbolaria, y a lo largo de un terreno de cuatro hectáreas se extiende la colección del Jardín Etnobotánico. A principios de los ochenta, con la creación del Centro INAH Guerrero, el de Morelos quedó orientado a la atención exclusiva de ese estado.

Gran parte de los esfuerzos del Centro INAH Morelos se concentran en la defensa técnica y legal en materia de protección del patrimonio arqueológico e histórico. En el estado existen mil 60 zonas arqueológicas registradas (y probablemente otras tantas por identificar) y cerca de cinco mil monumentos históricos previos a la Revolución de 1910. La tarea de localización, catalogación, protección e investigación de este patrimonio es

* Director del Centro INAH Morelos

inmensa y demanda un esfuerzo permanente para afrontar los daños que provoca la creciente inmigración y urbanización. El Centro INAH tiene la responsabilidad de normar los desarrollos urbanos de los pueblos tradicionales y los centros y barrios históricos, en particular cualquier intervención en inmuebles históricos, mediante la aplicación de los principios establecidos en las normas internacionales. Éstos obligan a acatar las medidas de conservación y restauración para respetar las tipologías constructivas de cada región. Los conventos del siglo XVI, las ex haciendas azucareras, textiles y mineras, los templos y sus anexos, son construcciones relevantes sujetas a la protección técnica para su mejor preservación.

Pero las investigaciones no se reducen exclusivamente a su vertiente arqueológica o arquitectónica. Otras áreas, como la antropología social, física y médica, la biología, la química, la etnohistoria y la restauración, contribuyen por igual al propósito de conservar el patrimonio cultural de Morelos: 22 investigadores de estas disciplinas han desarrollado estudios diversos, la mayoría estrechamente asociados con las necesidades de las comunidades. El personal de investigación tiene diversos grados académicos, desde la pasantía hasta el posdoctorado, y algunos de ellos pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores. Sus aportaciones han merecido premios nacionales y menciones destacadas.

La asesoría a las comunidades en materia de conservación y, en su caso, restauración del patrimonio, es una tarea permanente de arquitectos y restauradores. Diversos objetos, como esculturas, retablos, imágenes religiosas, lienzos y documentos antiguos, han sido restaurados, con lo cual se han consolidado las relaciones con las comunidades en general y con las eclesiásticas en particular.

Otra tarea titánica en materia de protección es la catalogación de bienes inmuebles históricos en los 33 municipios de Morelos y la identificación de los bienes muebles en los templos abiertos al culto. Morelos ocupa el segundo lugar en México, seguido de Tlaxcala, en el esfuerzo de inventariar los bienes muebles, gracias a las autoridades de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y de la Secretaría de Seguridad estatal.

En lo que se refiere al ámbito académico, los resultados de estos proyectos están plasmados en libros,

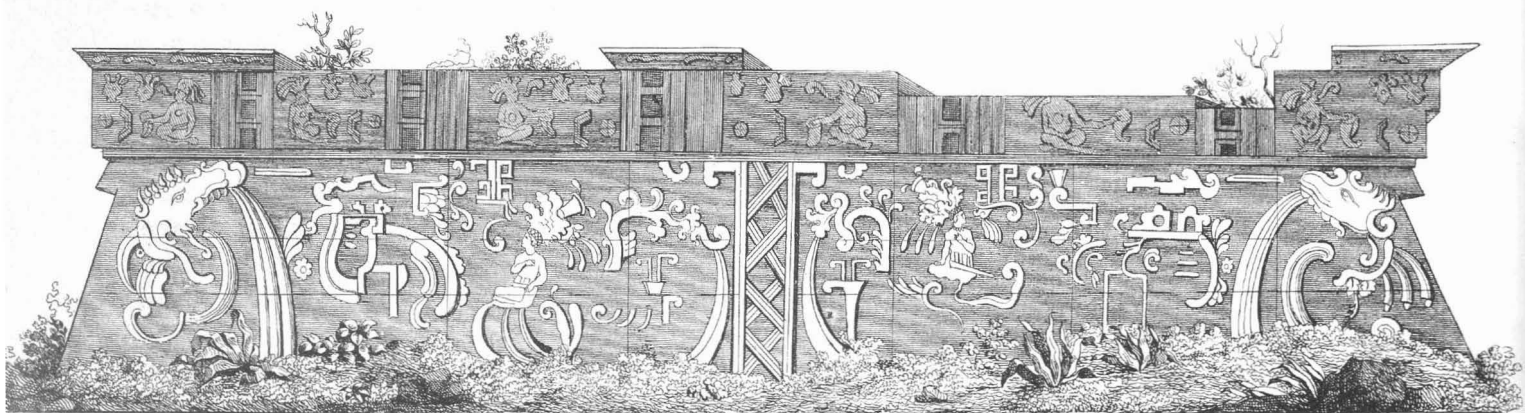
ensayos, artículos, ponencias, asesorías de tesis y organización de eventos académicos, como congresos y coloquios. Estos resultados también han derivado en la creación de obras de divulgación.

Las tareas de difusión son parte central de las actividades del Centro INAH Morelos, pues sólo así se cierra el círculo donde compartimos los conocimientos a la sociedad. Tenemos abiertas al público siete zonas arqueológicas, un ex convento y seis museos; hemos coproducido más de 50 documentales y cápsulas televisivas; se tiene un espacio semanal en la radio universitaria para tratar los temas del patrimonio natural y cultural; por más de 12 años se ha publicado semanalmente un suplemento cultural en diarios locales. También, como parte de las actividades de difusión, está incluido un curso de actualización para maestros impartido por los investigadores desde 1995, con más de 200 horas efectivas de clase. También se dan cursos a los mayordomos y fiscales de los templos sobre valoración cultural e histórica y métodos de prevención de los bienes muebles en las iglesias; lo mismo a los seminaristas, a quienes se les imparten cursos sobre historia del arte y la importancia de proteger los objetos a resguardo de los sacerdotes; a los niños se les introduce en los temas del patrimonio cultural por medio de tres cursos de verano por año; en las comunidades en general se hace una difusión permanente sobre la importancia de cuidar las zonas arqueológicas y los monumentos históricos, así como una promoción para mejorar la imagen urbana; el libro de texto de historia para tercero de primaria en Morelos fue preparado por los investigadores del Centro INAH. Asimismo, se cuenta con una biblioteca especializada en temas del patrimonio cultural, con un acervo de cerca de seis mil volúmenes.

Morelos concentra en su reducida superficie más de tres mil 500 años de historia continua. Conocer y entender esta prolongada historia y su diversidad social, étnica y cultural implica un constante esfuerzo académico y técnico que se extiende más allá de la delimitación territorial de la entidad, la cual abarca un gran abanico temático. A lo largo de más de 30 años de existencia el Centro INAH Morelos ha contribuido, desde diferentes ángulos, a las tareas de entender, difundir y proteger parte de este enorme patrimonio histórico y cultural. ☉

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN XOCHICALCO

Norberto González Crespo,
Silvia Garza Tarazona y
Beatriz Palavicini Beltrán*



Las primeras exploraciones en el sitio arqueológico de Xochicalco se orientaron más a descubrir sus monumentos que a desentrañar la forma de vida e identidad de sus habitantes. La lista de los investigadores que han trabajado en esta ciudad es encabezada por Leopoldo Batres; posteriormente destacan los arqueólogos Eduardo Noguera y César Sáenz. Con su proyecto de investigación en la UNAM, Jaime Litvak buscó ubicar a Xochicalco dentro del desarrollo cultural regional y cronológico. Más tarde Kenneth Hirth, de la Universidad de Utah, realizó una serie de recorridos y excavaciones para reconocer los límites, composición y demografía de esta ciudad prehispánica.

Auspiciadas por el INAH y el Gobierno del Estado de Morelos, en 1984 y 1986 se llevaron a cabo las primeras excavaciones del Proyecto Xochicalco, con el objeti-

vo de conocer la vida cotidiana de sus habitantes y definir la forma de una de las entradas a la ciudad. Tales investigaciones revelaron una mínima parte del complejo urbano de Xochicalco, pero quedaban muchas dudas por resolver.

En 1993 el gobierno federal otorgó un extraordinario apoyo económico para grandes proyectos arqueológicos, parte del cual se le otorgó a Xochicalco por ser considerada una de las zonas arqueológicas más importantes del país. Durante dos años se llevaron a cabo excavaciones sistemáticas y controladas que abarcaron los espacios arquitectónicos relacionados íntimamente con el poder político y religioso. De esos espacios se recuperaron innumerables piezas completas y diversos materiales arqueológicos que ahora se encuentran en el Centro INAH Morelos. Gracias a esos trabajos y a la gestión de los arquitectos Salvador Díaz Berrio y Augusto Molina fue posible constituir el expediente del sitio y presentarlo ante la Unesco, que reconoció a Xochicalco como patrimonio de la humanidad en 1999.

* Arqueólogos del Centro INAH Morelos

Actualmente la mayor parte de las tareas de investigación del Proyecto Xochicalco se centran en esos materiales arqueológicos, y de acuerdo con las características de cada uno se recurre a diversos métodos de clasificación y análisis.

El objetivo general del proyecto es la identificación del modo de vida de los habitantes de Xochicalco, es decir, conocer cómo se crearon las condiciones económicas y sociales que permitieron el desarrollo de una ciudad prehispánica de dimensiones tan impresionantes. Dentro de este amplio objetivo general, las líneas de investigación actuales son:

1. Constitución del espacio urbano: esta línea de investigación parte de la premisa de que Xochicalco, como asentamiento de carácter netamente urbano, es producto de una compleja planeación. Si bien lo anterior se vislumbraba como obvio en estudios anteriores, falta definir con precisión los principios bajo los cuales se diseñaron la distribución y concepción de los espacios urbanos, para lo cual se realiza un análisis geométrico de los edificios, plazas y áreas de la ciudad mediante programas de computadora y planos digitalizados del sitio. Esto ha permitido comenzar a identificar patrones y constantes en los edificios más importantes de la ciudad, así como proponer la hipótesis de la presencia de un “punto de origen” para la traza y planeación del complejo urbano.

2. El uso del espacio urbano: se busca descubrir la función de las diversas áreas que conforman el espa-

cio urbano de Xochicalco y su relación con la organización económica, social y política, para lo cual el análisis de la forma y función de los materiales arqueológicos, así como su distribución en los espacios urbanos, resulta de fundamental importancia. En este aspecto se ha avanzado considerablemente: se tiene bien definida la función de la mayoría de los tipos cerámicos que constituyen la vajilla utilizada en Xochicalco, que, junto con la distribución de otros materiales, ha servido para comenzar a determinar las actividades, en general, de cada edificio descubierto.

3. Las relaciones de Xochicalco con su entorno: este complejo tema se divide en dos rubros. Primero, la relación entre hombre y naturaleza; se busca conocer las estrategias que permitieron a Xochicalco solucionar el problema de abastecimiento de alimentos y las tareas sustantivas de los habitantes de la ciudad. En segundo lugar están los mecanismos políticos y económicos establecidos con otras sociedades de la época, por ejemplo, el intercambio o tributo, mediante los que se obtenían objetos terminados y materias primas.

Aquí resulta de especial importancia la inclusión de especialistas y/o métodos de otras disciplinas, como geólogos, químicos y biólogos, que contribuyen a identificar el origen de los materiales. Ya se tienen plenamente identificados los materiales utilizados en la construcción de edificios, que provienen, en su mayor parte, de un perímetro de diez kilómetros en torno al sitio.



Los avances en este punto también han revelado la presencia de materiales ajenos al perímetro inmediato de Xochicalco, sugiriendo la presencia de una compleja red de abasto que permitía a la ciudad allegarse objetos y materias primas de lugares distantes y diversos.

4. La extensión cronológica y espacial del complejo cultural Xochicalco en el desarrollo de Mesoamérica: en relación con el punto anterior, se busca definir la extensión geográfica que abarcó el complejo cultural Xochicalco y reconocer la duración temporal del mismo. Principalmente se ha recurrido a la comparación de materiales arqueológicos de Xochicalco con los hallados en otros sitios contemporáneos, así como al fechamiento por carbono 14 (C^{14}).

Los resultados obtenidos por el Proyecto Xochicalco han confirmado lo que ya se sugería en investigaciones anteriores: se puede ubicar claramente al sitio como un asentamiento cuyo desarrollo se inició hacia 600 d.C. y decayó en 900 d.C. Si en este aspecto los resultados no son concluyentes, queda pendiente definir la forma en que creció la ciudad y las transformaciones que sufrió a lo largo del tiempo.

Para contestar estas preguntas, el trabajo de investigación se divide en diversas áreas de análisis, de acuerdo con las características de cada material:

En primer lugar, por su abundancia, el análisis cerámico se enfoca, principalmente, en la reconstrucción de las formas y el análisis químico-petrográfico de las pastas. El estudio reconstructivo de la cerámica permite profundizar en importantes aspectos sociales de Xochicalco: en el aspecto religioso se ha revelado cierta iconografía, inédita hasta ahora en Mesoamérica, en ciertos objetos de uso religioso. También nos ha confirmado las redes de contacto del sitio con otras áreas, gracias a la presencia de tipos cerámicos originarios del sur de Veracruz, cuenca de México, área maya y regiones ubicadas en los estados de Guerrero y México.

Tradicionalmente el segundo material en importancia es la obsidiana, material pétreo utilizado en la fabricación de artefactos como navajas, cuchillos y puntas



de proyectil. Al parecer, en Xochicalco existe un fuerte contraste entre los instrumentos provenientes de las áreas habitacionales y los hallados en los edificios de carácter público. Este aspecto fundamental es abordado mediante un análisis taxonómico y comparativo de los materiales de ambas áreas. De igual forma, mediante

métodos físicoquímicos se busca identificar las diversas fuentes de aprovisionamiento que abastecieron a Xochicalco de esta materia prima.

No sólo la obsidiana fue importante en la elaboración de instrumentos de trabajo. Además del sílex, también se utilizaron otras rocas que, por sus características físicas y procesos de elaboración, son analizadas por los investigadores. Es el caso de los instrumentos de molienda, percutores, cinceles, raspadores, entre otros, fabricados con materiales como basalto, andesita y caliza. Estos artefactos, utilizados en procesos de trabajo muy diversos, aportan una gran cantidad de información sobre la organización social en Xochicalco; por ejemplo, la presencia de cierto tipo de raspadores sugiere que allí se fabricaban objetos con algunas fibras vegetales.

Como en toda Mesoamérica, en Xochicalco las piedras de coloración verdosa estuvieron dotadas de un profundo significado religioso; por ello fueron utilizadas en la fabricación de objetos muy preciados, depositados en ofrendas conmemorativas y entierros, a la vez que servían de marcador social a quienes las portaban. Por ello es común que encontremos diversos tipos de adornos, utilizados preferentemente por gobernantes y sacerdotes, así como muchas figurillas antropomorfas que, en el caso de Xochicalco, constituyen una importante colección.

Estos materiales se han estudiado por medio de un análisis taxonómico orientado a la identificación de su proceso de producción, y tal como en el caso de la obsidiana, resulta indispensable reconocer el lugar de origen y forma de apropiación de los mismos, por lo que también se han buscado los lugares donde los xochicalcas pudieron proveerse de estas rocas verdes, tan apreciadas en aquella época.



Además de estos materiales se estudian los de carácter biológico, como el hueso y la concha, útiles como materia prima para adornos e instrumentos y cuyo análisis aporta gran cantidad de información sobre el empleo que se le

daba a diferentes especies de animales, incluyendo al hombre mismo. Estos materiales requieren necesariamente un enfoque interdisciplinario, por lo que en diferentes momentos del proyecto se ha incluido la participación de especialistas en disciplinas distintas a la arqueología.

Por otra parte, entre las tareas del Proyecto Xochicalco la protección y conservación del sitio tiene un lugar preponderante. El estado general de los edificios de la zona arqueológica es supervisado en forma constante para identificar los factores de riesgo y prevenir el deterioro. Anualmente se realizan trabajos de conservación, protección y reparación de las estructuras arquitectónicas que componen el área abierta al público, para lo cual se han diseñado diversas tácticas de protección de ciertos elementos arquitectónicos especialmente vulnerables, como los recubrimientos de estuco en pisos y muros.

El trabajo interdisciplinario ha permitido abordar el estudio del pasado desde diversos enfoques, gracias a las aportaciones de investigadores que han analizado los materiales desde distintas especialidades. Se han incorporado diversas técnicas, como la espectrometría de emisión por plasma, practicada por la doctora Georgina Izquierdo, responsable del Laboratorio de Rayos-X y Emisión del Instituto de Investigaciones Eléctricas, que ha servido para identificar la composición química de las materias primas.

El fechamiento por C^{14} de algunas muestras fue realizado en el laboratorio del Desert Research Institute, y actualmente otra serie de muestras se encuentra en estudio en la Subdirección de Servicios de Apoyo Académico, bajo la responsabilidad de Magdalena de los Ríos, que está a cargo del Laboratorio de Fechamiento.

El análisis de los instrumentos y artefactos de obsidiana se encuentra a cargo del doctor Bradford Andrews, egresado de la Universidad Estatal de Pensilvania, que contó con una beca de la FAMSI para realizarlo; sus resultados preliminares pueden ser consultados en la página electrónica de esa asociación.

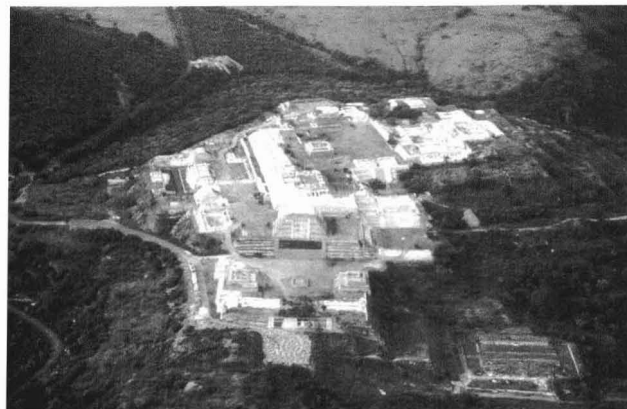
Aspectos como la identificación de restos faunísticos y botánicos ha sido por cuenta de los biólogos Óscar Polaco, Heriberto Soto-T., Eduardo Corona y Fernando Sánchez, de la Subdirección de Servicios de Apoyo Académico del INAH. En este campo también hemos contado con la colaboración de la bióloga Macrina Fuentes, del Centro INAH Morelos.

En el estudio de los restos óseos humanos han colaborado las doctoras Carmen Pijoan y Josefina Mancilla, investigadoras de la Dirección de Antropología Física del INAH, así como la antropóloga física Isabel Garza, también del Centro INAH Morelos.

Durante las excavaciones realizadas en 1993-1994 participaron estudiantes de la Escuela Nacional de Restauración y Museografía del INAH, tanto de licenciatura como de maestría.

En el proyecto trabajan cuatro técnicos analistas de cerámica y otro en restauración, que desarrollan tareas de identificación, clasificación y restitución de piezas cerámicas. En el análisis descrito de los materiales arqueológicos hay dos pasantes de arqueología y cuatro arqueólogos.

Respecto a la difusión, se han publicado varios artículos tanto en medios nacionales como del extranjero, a la vez que se ha procurado mantener presente al proyecto gracias a la asistencia de sus miembros a congresos y mesas redondas. ☉





ACTORES SOCIALES DE LA FLORA MEDICINAL EN MÉXICO

Paul Hersch Martínez*

*Cada pregunta posee una fuerza
que la respuesta no contiene ya.*

E. Wiesel

No necesitamos ser vegetarianos para reconocer que las plantas constituyen un elemento fundamental de los procesos civilizatorios, pues el dominio de la naturaleza ha permitido el desarrollo de las sociedades humanas. Las propiedades curativas, ornamentales o nutricionales de una planta no son ajenas a la sociedad que las califica como tales. Los vegetales emergen precisamente como recursos a partir de la relación que los seres humanos entablan con ellos y a partir de su mutua transformación en ese proceso. De ahí que, en el momento en que el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) genera un programa de investigación orientado a las

plantas medicinales, resulta bastante natural que el acento se ponga, más que en las plantas mismas, en los actores sociales que hacen uso de ellas en sus estrategias de supervivencia, en su práctica laboral o en su horizonte cotidiano.

El programa de investigación denominado "Actores sociales de la flora medicinal en México" se inició en marzo de 1996, con sede en Cuernavaca y actividades en Guerrero, Veracruz, Puebla y Morelos. En el marco del triple cometido del INAH, que es el de investigar, conservar y difundir el patrimonio cultural en México, las plantas medicinales son motivo de atención justamente porque forman parte de ese legado dinámico. Ellas se encuentran en la confluencia de dos vastas diversidades, muy relevantes en México: la biológica y la cultural, y de esa convergencia es expresión la herbolaria.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DEL PROGRAMA

La confluencia de diversidades –y desigualdades– que en México enmarca al uso de la flora medicinal le confiere a las plantas un amplio abanico de significados,

* Investigador del Centro INAH Morelos

retos y posibilidades. Por eso el programa se ha estructurado en cinco líneas, siguiendo los diversos ámbitos socioculturales de la planta medicinal. Cada una de ellas corresponde a un perfil de actores sociales y su escenario respectivo (cuadro 1).

Cuadro 1

Actores sociales de la flora medicinal y sus escenarios respectivos

Línea: actores sociales	Escenario: sociocultural
1. Curanderos y parteras	Medicina tradicional/popular
2. Recolectores y acopiadores	Abasto de flora medicinal silvestre
3. Gestoras domésticas de salud	Autoatención y medicina doméstica
4. Médicos, farmacéuticos, investigadores	Biomedicina
5. Reguladores de medicamentos herbolarios	Regulación sanitaria

Como era previsible, la amplitud y complejidad de este abanico de temas y problemas de investigación ha ido desplegándose ante nosotros progresivamente. Sin embargo, este vasto repertorio resulta accesible al delimitar sus alcances en la certeza del carácter necesariamente exploratorio de las cinco líneas; así, no pretendemos profundizar al mismo nivel en todas ellas, pero sí al menos generar una perspectiva básica de conjunto que permita la emergencia de preguntas pertinentes en cada una. En el cuadro 2 se enuncian los referentes comunes pretendidos en el abordaje de todas las líneas.

¿Cómo se expresa lo anterior? En cada línea, aproximadamente como sigue:

1. CURANDEROS Y PARTERAS

La experiencia en talleres realizados con gobiernos municipales y organizaciones en zonas rurales de Guerrero y Veracruz, a partir de los cuales han surgido relaciones de apoyo y afecto con diversos curanderos y parteras, ha permitido comprender mejor el carácter de los padecimientos que motivan la atención del curandero (“empacho”, “susto”) como marcadores múltiples: históricos, culturales, sanitarios, clínicos. Sin embargo, en estos años hemos sido testigos de un fenómeno que estaba ya formulado al inicio del trabajo con preguntas como ¿quién tomará la estafeta de saberes y competencias de estos curadores?, ¿qué mecanismos se llevan a cabo para facilitar la reproducción y preservación de sus conocimientos? Estas cuestiones se hacen apremiantes y dolorosas ante la muerte de cinco terapeutas conocidos por el programa desde su inicio en diversas comunidades: ¿con qué apoyo biomédico cuentan estos curadores que se enferman y mueren de males respecto a los cuales deberían tener una cobertura no sólo “tradicional”? Si un diagnóstico biomédico a menudo pasa por alto factores esenciales en los cuales reparan los curanderos, también es cierto que una hernia inguinal susceptible de cirugía puede vivirse por 17 años como un irremediable “daño” por brujería. ¿Cómo se puede hoy facilitar el paso de los saberes y competencias

Cuadro 2

Referentes para cada línea de investigación y situaciones correspondientes a trascender

Referente	Situación a trascender
1. Más que “temas”, “problemas” como ejes de análisis, los cuales demandan:	Desvinculación respecto a procesos
2. Interdisciplina	Atomización de enfoques
3. Intersectorialidad	Desarticulación de esfuerzos
4. Reciprocidad	Relaciones evitables de asimetría
5. Enfoque dialógico	Primacía de enfoques instrumentales
6. Enfoque histórico inherente a cualquier línea	Ausencia de la dimensión procesal
7. Diversidad de productos: procesos sociales y equipos como resultados	Interlocución restringida



Doña Irene Marín y su altar doméstico, Ixhuatlán del Café, Veracruz

de los médicos populares, cuando muchos jóvenes, hijos, sobrinos, ahijados o nietos de curanderos conocidos por nosotros emigran a Denver o Chicago buscando mejores condiciones de vida? Mucho de los saberes de doña Paula o doña Magdalena en Ixhuatlán del Café, los de don Cirilo en Tlalcozotitlán o los de don Vences y don Modesto en Temalac se ha ido para siempre y tenemos que reconocer que nuestro tiempo no alcanzó al suyo, que nuestra mirada apenas se asomó a la vastedad de su mundo. Surgen entonces las viejas preguntas, recicladas, aplicables tanto a antropólogos como a ecólogos: ¿es la nuestra una tarea de cronistas de lo inevitable? ¿Cuál es nuestra incidencia en estos procesos? Como un *bulldozer* que arrasa una zona con vestigios arqueológicos, la muerte evitable del terapeuta se lleva una parte no menos importante de nuestro patrimonio cultural. ¿Basta documentar la desaparición irreversible de los saberes y las calidades de relación humana inherentes a la práctica curanderil, tal como se registran temperaturas para demostrar el calentamiento progresivo del planeta o se contabilizan especies amenazadas por la extinción?

Productos publicados y en vías de publicación en esta línea son el análisis de diversas entidades nosológicas de la medicina nahua del suroccidente de Puebla, norte de Guerrero y sur de Morelos (*tlazol, caxan, vergüenza, éticos, latido, chincual*); el estudio del uso de vegetales enteógenos en los municipios de Copalillo y Atenango del Río, y en Morelos, el análisis del perfil actual de parteras en Santa Catarina y el de procedimientos terapéuticos colectivos en Coatetelco; también los motivos de atención entre algunos terapeutas en comunidades de Jamapa

y Mozambique, en Veracruz, forman parte de esta línea, entre cuyos productos de divulgación publicados se encuentran los números 1 y 5 de la serie "Patrimonio vivo", los cuales recogen una porción molecular del saber de los terapeutas que han participado en encuentros municipales, mientras que otras derivaciones han nutrido la exposición actual del Museo de Medicina Tradicional y Herbolaria del INAH en Cuernavaca.

2. RECOLECTORES Y ACOPIADORES

DE FLORA MEDICINAL SILVESTRE

La línea dos del programa refiere a un mundo propio de las profundidades aludido por Bonfil: el de los recolectores de plantas y sus acopiadores en circuitos de abasto que se nutren de su trabajo. La mayor parte de las plantas medicinales usadas en México son de origen silvestre. Los problemas que esta línea abarca presentan una vertiente antropológica, y también ecológica, por la adscripción de los recolectores a una cultura donde el silvestreo ha jugado un papel fundamental en el equilibrio de vida de las comunidades, como expresión del logrado manejo que sobre los recursos naturales han llegado a tener los campesinos en nuestro país; sin embargo, la demanda urbana de plantas medicinales se ha incrementado al tiempo que se agudiza el deterioro en las condiciones actuales de producción agrícola en el México preindustrial, lo cual conlleva un daño creciente de estos recursos.



Curso con personal de la SSA de la Jurisdicción Norte del estado, Copalillo, Guerrero

La flora medicinal silvestre se distribuye a través de rutas de comercialización antiguas y nuevas, mediante una red de acopiadores regionales cuya fuerza estriba en su aporte diferencial por regiones fisiográficas, justamente en función de la diversidad florística de nuestro país. ¿Qué se hace frente al deterioro conjunto de los recolectores y sus recursos, en medio de un modelo que impulsa la modernización subordinada del país? ¿Cuál es el grado de la afectación ecológica de los recolectores y sus recursos? ¿Cómo puede optimizarse el potencial de esos recursos desde la perspectiva y el interés de sus recolectores? ¿Qué saberes tradicionales juegan un papel relevante en estos procesos?

Las preguntas demandan el concurso de diversos elementos técnicos: las especies medicinales sobrecolectadas, como la quina roja (*Simira mexicana*) o la cancerina (*Hemiangium excelsum*) no sólo carecen de estudios que cuantifiquen el efecto de la sobrecolecta y de ensayos de propagación, sino que comparten su precariedad con la de sus recolectores, ubicados al margen de un modelo que los considera en los hechos como parte de un México primitivo a ser trascendido, como recursos de un sector de la población hoy prescindible o donde las plantas son meros recursos susceptibles de privatización. Las plantas medicinales, como productos forestales no maderables, presentan un potencial insuficientemente explorado con un valor agregado por desarrollar, pero en el marco de un modelo donde ciertamente deberían figurar sus recolectores y sus redes de acopio. Así, los esfuerzos han ido en torno a la organización de grupos de recolectores, a la discusión conjunta de su problemática, a la cuantificación de los efectos de la recolecta en el campo evaluando su intensidad y extensión. En este proceso, algunas especies de selva baja caducifolia han recibido particular atención, incluso plantas de uso diversificado como el linaloe, el cual ha motivado un estudio a detalle de su explotación previa y de sus posibilidades actuales.

Lo anterior ha resultado en estudios sobre la evolución de la recolecta en Guerrero y Puebla, incluyendo



Práctica de terapeutas, Ixhuatlán del Café, Veracruz

cuantificaciones de densidad de población y testimonios cualitativos, así como el análisis del linaloe, que en parte se ha incluido en un estudio casuístico comparativo entre productos forestales no maderables en América latina, África y Asia; publicaciones de divulgación al respecto son los números 2 y 3 de la serie “Patrimonio vivo” sobre colecta y comercialización, orientados a la discusión en grupos focales de recolectores y acopiadores, así como el 6, destinado al linaloe. Procesos sociales generados en esta línea son los trabajos con comuneros y ejidatarios organizados como recolectores y también el proceso de impulso a dos cooperativas para el aprovechamiento sustentable del linaloe en Guerrero y en Morelos y su enlace con sociedades de artesanos en Olinalá.

3. GESTORAS DOMÉSTICAS DE SALUD O “AMAS” DE CASA

En la línea tres, un problema básico a considerar refiere a la autonomía ciudadana respecto a la salud y sus márgenes en el ámbito de la autoatención y la medicina doméstica, que constituyen, como bien se ha descrito, instancias asistenciales básicas, estructurales en cualquier sociedad, en las cuales la mujer juega un papel central en diversos momentos de su vida. Sin embargo, esta realidad sanitaria es soslayada desde la mirada de la salud pública, aunque no lo sea desde la perspectiva comercial, que ha identificado bien a la autoatención y la medicina doméstica como un formidable nicho de

mercado. ¿Cuál es entonces el potencial sanitario y asistencial de estas *actrices*, entendiendo, por supuesto, que lo suyo no es ficción ni “telenoverla”? ¿Cuáles son los obstáculos puestos a la optimización de estas prácticas? ¿Se puede dotar de mejores recursos y mayor apoyo a estas curadoras sin por ello soslayar la responsabilidad asistencial del Estado?

En esta discusión, las plantas medicinales tienen su lugar al ser recursos primordiales en la medicina doméstica y la autoatención en México. La percepción de la biomedicina respecto a este escenario y sus ventajas, limitaciones y desafíos forman parte del análisis en esta línea, donde se inscribe el trabajo de promo-



Tratamiento del “escapulario” para tratar una urticaria, Coatetelco, Morelos

ción y educación para la salud realizado en el municipio de Ixuatlán del Café, Veracruz, centrado en el grupo de promotoras de salud que sigue en funciones actualmente; la serie de talleres de remedios a base de plantas llevada a cabo en los municipios de Copalillo y Atenango del Río, Guerrero, así como la investigación que en la comunidad rural de Temalac, de ese municipio, se realiza al respecto con grupos de “Progresas” (hoy “Oportunidades”), analizando las particularidades locales de esos programas. También en esta línea se inscribe la participación en los municipios de Medellín y Jamapa, Veracruz, tanto en la Escuela Primaria Escuadrón 201 de la comunidad de Mozambique, como con grupos de gestoras domésticas de salud y de pacientes diabéticos. Entre los resultados se encuentra el

análisis de esta última experiencia en relación con las percepciones infantiles sobre autoatención e itinerarios terapéuticos; la discusión general sobre lo “alternativo” o lo “complementario” de algunas prácticas terapéuticas; el estudio de antecedentes históricos de la perspectiva médica en torno a la autoatención y, a nivel de divulgación, el uso de plantas medicinales en los municipios citados, mediante los números 1 y 5 ya mencionados de la serie “Patrimonio vivo” y sobre plantas de uso alimentario en comunidades de Veracruz y Guerrero, en sus números 4 y 7, respectivamente.

4. MÉDICOS, FARMACÉUTICOS, INVESTIGADORES

La línea cuatro aborda la paradoja de un recurso curativo que en México es considerado y utilizado como tal empíricamente por diversos sectores de la población, pero que no existe como tal para quienes han sido formados como médicos. ¿Cuáles son los obstáculos y retos que supone el potencial curativo de la flora medicinal en México para ser integrado a la biomedicina? ¿Postular ese potencial en la era ya anunciada de la “medicina genómica” constituye un inútil ejercicio de nostalgia? ¿El saber popular tiene algo que decir a la medicina formal, o se compone, como llega a expresarse en este ámbito, de saberes “triviales”? ¿Son los profesionistas biomédicos en este escenario susceptibles de un abordaje antropológico que, desde una mirada externa, relativice sus prácticas y procedimientos, destacando funciones rituales y simbólicas más allá de sus fines explícitos? ¿El uso de las plantas en forma de cocimientos, cataplasmas y pociones, que es como son utilizados por los curanderos, plantea retos a los modelos actuales de experimentación farmacológica basados en el análisis de principios activos moleculares? ¿Implica esto un ejemplo pertinente sobre la reducción de la realidad a un modelo experimental?

Algunas preguntas, de vertiente epistemológica, tienen además una derivación hacia la que se conoce como antropología del medicamento, en la que los objetos medicamentosos, sea un antibiótico, una hierba medicinal o un remedio, tienen una vida cultural y funcionan como marcadores de significado. La dimensión cultural de la terapéutica y de la farmacia aparece en esta línea de manera diáfana, a la vez que las propues-

tas metodológicas que intentan conciliar el saber empírico tradicional con la farmacología y el trabajo clínico permiten proyectar, a los médicos interesados en las plantas medicinales, una desafiante posibilidad para profundizar en ellas, a partir de su inexplorado potencial y de la necesidad actual de contar con medicamentos no sólo eficaces e inocuos, sino accesibles en términos económicos y culturales. Los farmacéuticos formales y empíricos entran en este perfil de actores sociales, analizados los desafíos que implica su ejercicio en un momento de profundas transformaciones.

Resultados publicados de esta línea de investigación, que atañen también a otras líneas del programa, incluyen la revisión del estado actual de la etnobotánica medicinal y de sus retos y el estudio de algunas patentes extranjeras con especies medicinales mexicanas cuyo registro se apoyó, paradójicamente, en estudios producidos por instituciones públicas mexicanas. Publicaciones de divulgación relacionadas con esta línea son los números 1 y 5 de la serie “Patrimonio vivo”, ya referidos. Procesos resultantes de esta línea son el apoyo a los cursos monográficos que sobre fitoterapia clínica imparte la Sociedad Mexicana de Fitoterapia Clínica a médicos desde 1999, donde participa también, de manera esencial, la Sociedad Francesa de Medicina y Endobiogenia, con el apoyo de la Facultad de Medicina de la UNAM y la Embajada de Francia.

5. REGULADORES

Finalmente, la línea cinco proyecta al INAH hacia espacios de interlocución inéditos, validando la naturaleza del patrimonio cultural como elemento que permea diferentes ámbitos y sectores en este país. Los estudios históricos de la regulación de medicamentos y sus implicaciones actuales han desembocado, por ejemplo, en el análisis de la evolución de la farmacopea mexicana, poniendo de relieve la vigencia de preguntas relativas a la necesidad de creatividad, acceso y autonomía terapéutica en la medicina mexicana. El ámbito regulatorio constituye un espacio donde confluyen las iniciativas comerciales e industriales, la investigación académica, el interés de la población y el papel del Estado desde la perspectiva de un “bien común” a veces difuminado. En esta relación entre reguladores y regulados, el análisis histórico y antropológico del pro-



Seleccionando corteza de raíz del caxancapatle (*Marsdenia lanata*), Temalac, C

ceso aporta elementos a la comunicación entre sectores. Resultados de esta línea son, en conjunto con otras instancias participantes, algunos apartados de la primera edición de la *Farmacopea herbolaria*, editada recientemente por la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA), incluyendo una sección destinada a especies de uso popular en su “Extrafarmacopea”; resultados del proceso se expresan en la participación formal del INAH en la Comisión Permanente de Farmacopea y en trabajos puntuales de apoyo a las autoridades regulatorias, así como en cursos de orientación sobre regulación impartidos por éstas a productores y comercializadores de productos herbolarios. Otro resultado es la Colección de Especies Medicinales Silvestres Comerciales, como instancia de referencia de la mencionada “Extrafarmacopea”.

VINCULACIONES Y EQUIPO DE TRABAJO

Las vinculaciones en las diversas líneas incluyen a nivel local gobiernos municipales, organizaciones campesinas, centros de salud y diversos grupos; a otros niveles, se trabaja con la SSA en Guerrero, en la Comisión Federal de Prevención de Riesgos Sanitarios y en la Comisión Permanente de Farmacopea; con la Semarnat, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, con el Centro Internacional de Investigaciones Forestales, con grupos de farma-

céuticos en Cuernavaca, con la Academia Nacional de Ciencias Farmacéuticas, la Facultad de Química de la UNAM, el Herbario Medicinal del IMSS, la Sociedad Mexicana de Fitoterapia Clínica y la Sociedad Francesa de Medicina y Endobiogenia, así como con los Laboratorios Mixim y el Departamento de Historia y Filosofía de la Medicina de la UNAM.

El equipo de trabajo se encuentra constituido por dos investigadores titulares del INAH, Paul Hersch Martínez y Gema Lozano, y por los auxiliares de investigación Francisco García Fajardo, Ana Pérez Cardona y Celso Guerrero; por Lilián González Chávez, de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Roberto Glass, consultor en proyectos de plantas medicinales y aromáticas, Andrés Fierro Alvarez, de la Universidad Autónoma Metropolitana, y Paolo Bartoli, de la Universidad de Perugia.

A nivel formativo, el programa ha participado en la Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH), además de contar con becarios de licenciatura, maestría y doctorado adscritos a las líneas de investigación a través de financiamientos otorgados por el Conacyt (programas 25998-S y 34581-S). Los becarios actuales son Alberto Arreola (Colegio de Posgraduados Campus Veracruz), Rosángel Martínez (INSP), María Cecilia Cortés y Wenceslao Cervantes (ENAH), y Sonya Stockmann, apoyada por la Universidad de Osnabroeck. Elvira Juárez, Abigail Silva y Martín Sosa constituyen el equipo de apoyo.

Así, nuestras preguntas, en su calidad de insumos y resultados esenciales del proceso de investigación, a pesar de nuestras innumerables limitaciones, nos siguen impulsando por la senda de un trabajo apasionante. Y todo esto gracias a que consideramos a la población como el elemento sustantivo del patrimonio cultural de México. ☉



Fruto de linaloe, Chimalacatlán, Morelos



Colección de especies medicinales silvestres comercializadas, PASFM INAH

ETNOGRAFÍA DE LAS REGIONES INDÍGENAS DE MÉXICO AL INICIO DEL MILENIO

PROGRAMA REGIONAL MORELOS

L. Miguel Morayta Mendoza*



Frente a la necesidad de lograr un entendimiento y acercamiento entre la sociedad nacional y los pueblos y las culturas indígenas, la Coordinación Nacional de Antropología del INAH convocó en 1998 a los investigadores a participar en un gran proyecto colectivo, que originalmente se llamó *Atlas etnográfico de las regiones indígenas de México*. Al irse incorporando diferentes miembros en su diseño, fue madurando la intención de crear un proyecto que trascendiera los alcances de los atlas hasta entonces realizados por diferentes instituciones. Se convino en realizar una obra colectiva que diera cuenta de algunos de los procesos más importantes que experimentan los pueblos y las culturas indígenas de México al inicio del tercer milenio. La cobertura regional que tiene el INAH en el país permitiría pensar en incorporar al proyecto a una veintena de equipos regionales, cuyos coordinadores y miembros han forjado una experiencia sólida sobre la etnografía regional debido a sus adscripciones y/o por los proyec-

tos realizados. Así se fueron incorporando miembros de la Escuela Nacional de Antropología e Historia, del Museo Nacional de Antropología, de la Dirección de Etnología y Antropología Social y los Centros INAH, es decir, las dependencias del INAH donde se realiza mayormente el trabajo etnográfico.

El siguiente paso fue el diseño académico de un proyecto que orientara la acción sincronizada de los equipos regionales dentro de líneas compartidas de investigación. En esta fase se logró construir un plan a cinco años, aprobado por el Conacyt y coordinado, en primera instancia, por el doctor Miguel Bartolomé, y luego por un consejo académico interno. Se establecieron las líneas de investigación que se abordarían y compartirían cada año. A la vez, se formaron los seminarios nacionales que han acompañado a cada línea de investigación. Estos seminarios incluían la participación de algunos de los investigadores más destacados en los temas abordados. En estos cuatro años (1999-2003) se ha trabajado en cuatro temas que incluyen una o más de las líneas propuestas. Los resul-

* Investigador del Centro INAH Morelos

tados han formado varios volúmenes colectivos, algunos ya publicados y otros en preparación o en proceso de edición. A continuación presentaremos un esbozo de los resultados que el equipo regional Morelos ha logrado hasta el momento.

Nuestro equipo ha estado conformado por los siguientes miembros, que de manera permanente o temporal han intervenido en la realización del proyecto: como coordinador, L. Miguel Morayta M.; miembros permanentes, Catharine Good, E. Alfredo Paulo, Cristina Saldaña F.; miembros temporales, Ricardo Melgar B., Kim Sánchez S., Yolanda Corona C., Carlos Pérez Z. y Elizabeth Hernández V.

Iniciamos el proyecto con una revisión crítica de las obras de corte etnográfico que se han publicado sobre comunidades y subregiones del estado de Morelos. Se seleccionaron 32 obras que mostraran las diferentes imágenes que se han construido de los pueblos y cultura indígena de esta entidad, bien desde el mirador académico o bien desde las propias comunidades y su gente. Se distinguen dos posiciones en la construcción de esta imagen en ambos miradores. En una la concepción esencialista, donde el peso del referente prehispánico ha sido muy importante. En la otra, académicos y autores locales han logrado una imagen más diversa establecida más por la articulación de lo heterogéneo y la constante reelaboración cultural que por la definición respecto a lo homogéneo y la supuesta supervivencia de la cultura de Tenochtitlán. Esta antología se publicó con el título de "Señas y reseñas de los nahuas de Morelos".¹

La investigación etnográfica del proyecto nacional se inició con la línea "La estructura social comunitaria de los pueblos indígenas de México". Así armamos una propuesta para abordar el tema indígena desde la realidad de los pueblos de Morelos. Esta realidad marca una gran diferencia con otras regiones del país, como la Sierra Norte de Puebla o los Altos de Chiapas, donde la presencia de los pueblos indígenas está concentrada en determinadas regiones. En Morelos la situación es muy diferente. En esta entidad quedaron partes de otras regiones colindantes con presencia indígena, especialmente nahua, que marcan una diversidad y una dispersión por el estado de comunidades de tradición nahua. Aparte, hay ciertos procesos

profundos de transformación que tres poderosas órdenes religiosas, las haciendas y otros factores socioeconómicos han hecho que gran parte de la tradición nahua perdiera su visibilidad. Dividir el escenario morelense entre pueblos indígenas y pueblos no indígenas nubla la realidad sociocultural de este estado. Nuestra propuesta plantea que existe una tradición cultural nahua presente en un gran número de comunidades de esta región, con una mayor o menor presencia y visibilidad y con una alta variedad de aspectos presentes y ausentes en cada pueblo. A esto lo llamamos "sedimento cultural nahua".

El elemento constante es la organización comunitaria creada en la cultura nahua. Se trata de etnocategorías que marcan el trabajo, la fuerza, la reciprocidad, la vida en san ce,² y la continuidad histórica como ejes de la vida comunitaria. Al igual que en obras subsecuentes, este equipo trató de dar cuenta de esta diversidad subregional de la identidad, por lo que se realizaron estudios etnográficos en varias comunidades de las subregiones. La propuesta está desarrollada en "Presencias nahuas en Morelos".³

La segunda investigación fue con el tema "Simbolización sobre el espacio en las culturas indígenas de México". Aquí logramos, a partir de un análisis profundo, presentar la manera en que se dimensiona lo sagrado entre ciertos pueblos de tradición nahua. Los *tiemperos* y *kiakaskles* de alrededor del Popocatepetl, las procesiones y ciertos mitos van involucrando conceptos, rituales y elementos sagrados en una geografía que se sale de los parámetros de las formas más occidentales. Sin delimitaciones precisas, con significados cambiantes, incorporando lo que existe pero no es visible, y lo que no existe pero en el imaginario colectivo es real, estas comunidades van organizando su universo de lo sagrado mediante dos elementos básicos. El primero es la fuerza divina o *chicahualistle*, que habita en volcanes, cuevas, manantiales y otros lugares sagrados, así como en las imágenes religiosas, y que es instrumento de reciprocidad entre los humanos y lo sobrenatural. El segundo trata de los sistemas veneracionales bajo los cuales se construyen redes de conceptos y rituales con un personaje central. El cristocentrismo y las fuerzas que manejan la naturaleza fueron los dos sistemas trabajados. Los resultados



Foto: Ricardo Marfa Garibay

están en “*Chicahualistle*, ‘la fuerza’ en el paisaje sagrado de Morelos”.⁴

La tercera línea fue “Relaciones interétnicas e identidad”. Nuestro equipo enfocó esta parte de la investigación colectiva como un problema de identidad. Se analizó la viabilidad de utilizar el concepto de “grupo étnico” para entender la cuestión indígena en Morelos, y encontramos que existen varios problemas al utilizarlo, por lo que escogimos el universo comunitario como escenario de la identidad vista desde el ámbito de lo ajeno y de lo propio y desde las particularidades de las entidades etiquetadas, instrumentales, positivas y negativas. Es en los movimientos sociales donde la construcción de la etnicidad logra una mayor visibilidad, tiene más visibilidad y trasciende el ámbito local. Nuestra investigación penetró en los movimientos sociales contra ciertos proyectos gubernamentales de amplia envergadura, y de ahí pasamos a ciertos conceptos étnicos como *togente* y *toaxca* como referentes identitarios supracomunitarios. Esta investigación está contenida en la obra *Escenarios de la identidad y la tradición náhuatl*.⁵

La cuarta línea de investigación fue “Sistemas normativos, conflicto y nuevas denominaciones religiosas”, en la que se tomó como eje central la solución de los conflictos desde la tradición y el derecho. Consideramos el conflicto como una parte constitutiva presente en la conformación de la comunidad, como la tensión que resulta de las desigualdades, asimetrías, subordinaciones, controles y diferencias internas. También las normas sociales se crean o exacerban con el rompimiento. Estos conflictos se solucionan o se llevan a

grados en ocasiones negociables por medio de la tradición y a veces recurriendo, en parte, al derecho formal nacional, según la estrategia escogida. La solución de los conflictos depende si éstos se perciben como un peligro para la continuidad de la comunidad.

También se trabajaron algunos conflictos por la conversión religiosa del catolicismo al protestantismo y otros entre católicos. La obra con estos resultados es *Arreglando conflictos entre la tradición, el derecho y la diversidad religiosa en comunidades de la tradición nahua de Morelos*.⁶

La quinta línea por investigar es para el 2004, “Migración y economía”. Las situaciones socioeconómicas en los niveles locales, regionales, nacional e internacional han tomado un ritmo de cambio vertiginoso en nuestro país. Esto ha reconfigurado la presencia de los pueblos y cultura indígena en el escenario nacional. Nos encontramos ante rápidas transformaciones generadas por la enorme emigración dentro y fuera de México, lo cual plantea la necesidad de mostrarla y explicarla con nuevos y mejores enfoques de análisis, pues tenemos que dar cuenta de las estrategias culturales establecidas frente a uno de los fenómenos más importantes en el nuevo milenio.

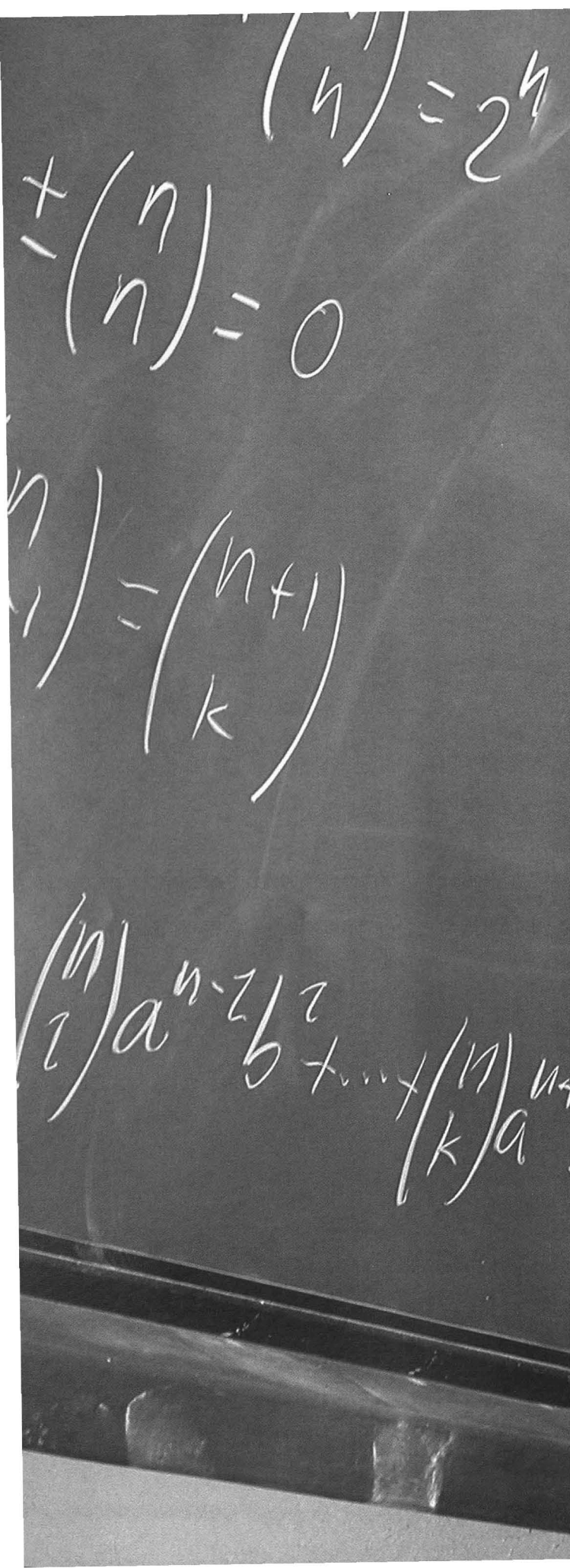
Una obra paralela a las líneas de investigación, y que se concluirá en el 2004, es de corte etnográfico, titulada provisionalmente *Atlas de los nahuas de Morelos*. Esta contendrá un panorama amplio de los pueblos y la cultura nahua en Morelos, y mediante ensayos temáticos se profundizará en los temas de mayor relevancia en estas comunidades y su cultura. ☼

NOTAS

- ¹ En *Las regiones indígenas en el espejo bibliográfico*, vol. I, INAH (Etnografía de las regiones indígenas, serie Bibliografía comentada), México, 2003.
- ² El grupo formado por ciertos parientes, vecinos, compadres y amigos con los que cada persona construye su vida. A veces la gente se nombra “de la misma tortilla” o “del mismo metate o maguay”.
- ³ En *La comunidad perpetua*, vol. II, INAH (Etnografía de los pueblos indígenas, serie Ensayos), México, 2003.
- ⁴ En *Diálogos con el territorio*, vol. II, INAH (Etnografía de los pueblos indígenas, serie Ensayos), México, en prensa.
- ⁵ INAH, México, en prensa.
- ⁶ En preparación.



Foto: Ricardo María Garibay



LAS MATEMÁTICAS EN LOS POLOS DE DESARROLLO

José Antonio de la Peña*

EL PAPEL DE LAS MATEMÁTICAS

El lugar especial de las matemáticas en el pensamiento humano, en particular en la educación, tiene un primer florecimiento en la Grecia clásica. Para Galileo, Descartes y Newton, en los siglos xvii y xviii, la estructura del mundo es matemática y, por lo tanto, la base de las ciencias de la naturaleza debe ser matemática también. A partir de entonces, las matemáticas han estado en el centro de toda la actividad científica y su papel central en la educación ha ido en aumento.

Cuando Napoleón toma el poder en Francia, se hace asesorar por una pléyade de pensadores y científicos, entre los que se contaban Laplace y Lagrange. Por recomendación de algunos de ellos, decide realizar una reforma educativa en la cual las matemáticas pasan a ocupar el papel central que antes correspondía al latín. Para los educadores que realizan la reforma, hay algu-

* Director del Instituto de Matemáticas de la UNAM

nos elementos comunes entre el latín y las matemáticas como materias de enseñanza: desarrollan el pensamiento abstracto, permiten una rigurosa selección de los mejores estudiantes que pasarán a formar la élite dirigente; por otra parte, las matemáticas permiten el desarrollo del pensamiento lógico en contraposición con el discurso retórico fomentado a través del latín. Desde entonces, las matemáticas ocupan un papel central en el *currículum* de la mayor parte de los países del mundo.

En el proceso de comprensión de la naturaleza, un paso central se da cuando se construyen modelos matemáticos para hacer predicciones. Este nivel de matematización ha sido bien comprendido por los físicos desde los tiempos de Newton, y ha continuado hasta nuestros días. En otras disciplinas el proceso ha sido más lento, pero en general se espera que el proceso de matematización continúe. Así, en las ciencias sociales y económicas se ha dado un reconocimiento cada vez mayor al papel de las matemáticas en la formalización de las teorías, en la expresión cuantificada de los fenómenos y en la capacidad predictiva de los modelos matemáticos. La impresión general es que una disciplina de conocimiento es más científica en cuanto sus modelos matemáticos son más precisos y sus variables pueden cuantificarse mejor.

LAS MATEMÁTICAS EN MÉXICO

En nuestro país las matemáticas se han desarrollado con relativa rapidez. Basta considerar que en 1940 sólo había algunos grupos de entusiastas por las matemáticas, y en 1960, únicamente un centro de matemáticas en el país, el Instituto de Matemáticas de la UNAM, que contaba con alrededor de 20 investigadores. Actualmente, el país tiene varios centros de investigación en matemáticas y varias universidades con carreras de matemáticas consolidadas; sin embargo, hay una gran concentración de las instituciones de mejor nivel en el área del centro de la república.

Entre los éxitos de las matemáticas en México es de resaltar el nivel de calidad de varios grupos mexicanos, competitivo en el ámbito internacional. Estos grupos se han desarrollado bien, han obtenido resultados importantes en sus áreas de trabajo y han formado un buen número de estudiantes de doctorado en el país. Algunos esfuerzos importantes de divulgación y promo-

ción se han realizado. Especialmente, las Olimpiadas de Matemáticas que la Sociedad Matemática Mexicana comenzó a organizar desde 1987 y donde se ha obtenido un gran número de reconocimientos internacionales. En el trabajo de organización y entrenamiento de estudiantes para las olimpiadas ha participado un buen número de investigadores de los principales centros de matemáticas del país.

Entre los problemas serios que han limitado el desarrollo de esta disciplina en México, señalaríamos que las carreras de matemáticas atraen a pocos estudiantes, en parte debido a que los programas de estas carreras no han sido actualizados para hacerlos más atractivos y más acordes con las demandas del mercado; en parte también, debido al escaso interés de las empresas por contratar personal especializado en las áreas de matemáticas.

En todo caso, si excluimos la formación de las unidades foráneas en Morelia y Cuernavaca, del Instituto de Matemáticas de la UNAM, desde hace 20 años no se han creado centros nuevos de matemáticas en el país. Por supuesto, esto no ha permitido el desarrollo de áreas nuevas que atiendan a los desarrollos recientes de las matemáticas y a las necesidades del mercado tanto en docencia como en investigación.

LOS POLOS DE DESARROLLO DE LA UNAM

Desde hace décadas, la UNAM inició el desarrollo de polos científicos en diferentes lugares del país. Estos polos respondían, en general, a investigaciones en diferentes disciplinas, o a procesos de descentralización y consolidación de grupos en áreas emergentes. Así, el polo de desarrollo de Ensenada surge alrededor del proyecto del Observatorio Nacional en San Pedro Mártir, mientras que el crecimiento del polo en Cuernavaca se da a partir de la creación de los Centros de Biotecnología y Fijación del Nitrógeno, que representan esfuerzos de consolidación de áreas emergentes a partir del Instituto de Investigaciones Biomédicas.

La idea central en el impulso a los polos de desarrollo, en contraste con la posibilidad de formar pequeñas agrupaciones de científicos en muy diversas partes del país, es clara: conviene más a los intereses de desarrollo científico y de infraestructura tener en el mismo lugar a grupos más grandes, multidisciplinarios de

científicos. Desde el principio, estos polos de desarrollo tuvieron a su cargo programas de posgrado que permitieron la descentralización en algunas disciplinas. La reciente aprobación del Consejo Universitario de la UNAM para crear planes de licenciatura en estos polos abre, sin duda, una nueva gama de oportunidades para su crecimiento y consolidación.

En ese sentido, las matemáticas juegan un papel particularmente interesante en estos polos de desarrollo. No sólo las matemáticas interaccionan de manera natural con muchas áreas de conocimiento, sino que son necesarias en el proceso de formación de los estudiantes en todos los niveles, pero sobre todo en licenciatura. Tal vez por ello las unidades foráneas del Instituto de Matemáticas en Cuernavaca y Morelia han tenido un crecimiento sostenido que las ha llevado a jugar un papel importante en el desarrollo regional de la ciencia.

Por supuesto, se llevan a cabo acciones de consolidación de estas unidades foráneas, pero hay muchas tareas pendientes, las cuales deberían concebirse como parte del proceso de fortalecimiento de las matemáticas en el país, y por ello se deberían realizar como acciones conjuntas con otras instituciones importantes. Sin entrar en detalles citaríamos, entre las acciones más importantes por realizarse, las siguientes:

1. Apoyo a grupos de excelencia existentes y fortalecimiento de áreas rezagadas, así como para la consolidación de grupos existentes a través de proyectos de Conacyt y otras instituciones, y fortalecimiento de áreas emergentes a través de diversas acciones:

- Difusión y promoción de los posgrados de excelencia en todo el país e Iberoamérica.
- Programas de becas especiales para formación de personal.
- Programas de posdoctorados y sabáticos en áreas específicas.
- Programas de apoyo a visitas de profesores distinguidos.
- Programas especiales de promoción de las matemáticas en universidades estatales.

2. Fortalecimiento de la red de centros de matemáticas existentes. Algunas acciones permitirían aumentar

su vinculación con implicaciones en el aprovechamiento de la infraestructura existente y la eficiencia de su trabajo. Entre otras acciones:

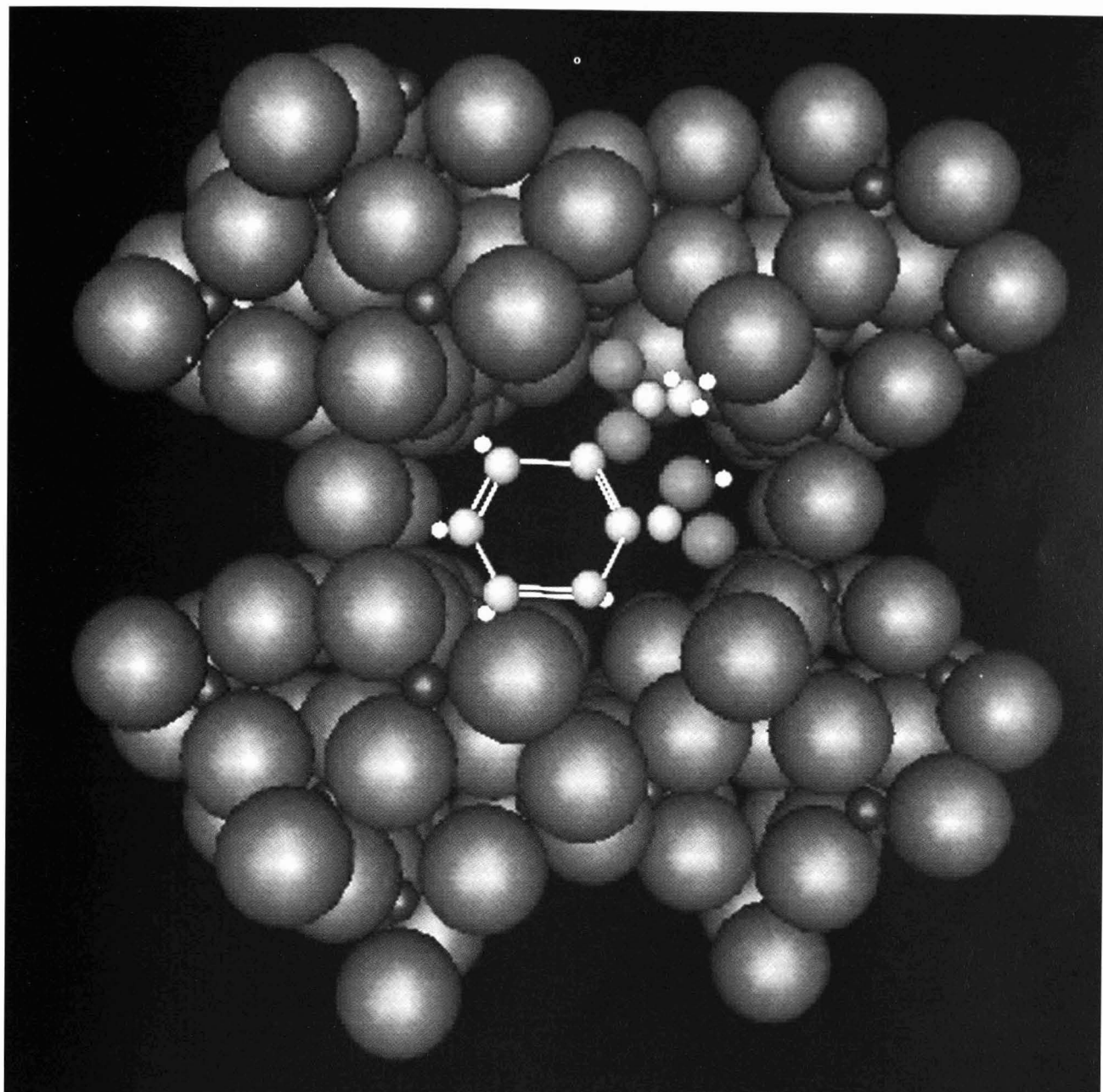
- Creación de una red de videoconferencias entre los centros de excelencia existentes.
- Creación de consorcios nacionales para compartir infraestructura (revistas electrónicas, bibliotecas, internet II).
- Creación de posgrados nacionales (en particular en áreas estratégicas donde el número de investigadores entre varias instituciones permite alcanzar las masas críticas necesarias).
- Creación de programas nacionales de capacitación de profesores.
- Programas de becarios nacionales con alta movilidad entre los centros de matemáticas.
- Fortalecimiento de las revistas de matemáticas nacionales.

EL CASO DE CUERNAVACA

La Unidad Foránea de Matemáticas en Morelia fue creada en 1990. Después de un lento crecimiento hasta 1996, su desarrollo se aceleró en los últimos años hasta contar con más de 20 investigadores hoy en día, entre los que se cuentan varios líderes académicos. El desarrollo de las áreas de trabajo en Morelia reprodujo en muchos sentidos el desarrollo histórico del Instituto de Matemáticas en Ciudad Universitaria.

Por su parte, la Unidad Foránea del Instituto de Matemáticas en Cuernavaca nació en 1996, a partir de la fusión de un grupo de matemáticos adscritos al Instituto de Matemáticas Aplicadas y Sistemas que radicaba en Cuernavaca desde hacía muchos años, así como a un grupo de matemáticos del Instituto de Matemáticas que deseaba afincarse en esa ciudad. La iniciativa de la formación de la Unidad de Cuernavaca vino acompañada de la solicitud de biólogos y físicos del polo de desarrollo de la UNAM de contar con un grupo de matemáticos más grande que tomara a su cargo los requerimientos estudiantiles de los posgrados y la nascente licenciatura en ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).

Desde su inicio, la Unidad de Cuernavaca atrajo matemáticos de primer nivel, por lo que en pocos años

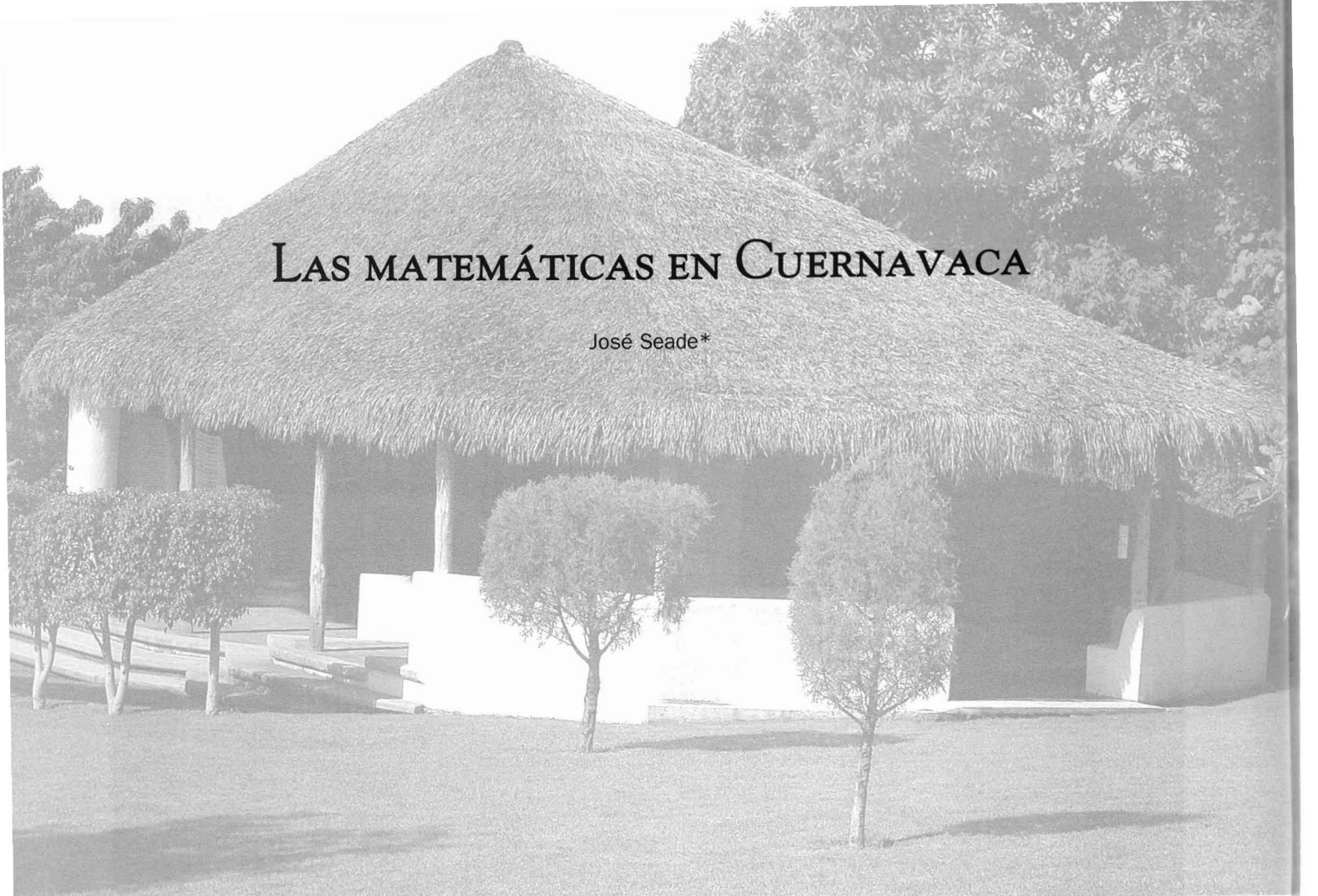


Detalle de la adsorción de una molécula de aspirina en el interior de una zeolita llamada *clinoptilolita*

de existencia cuenta con más de 20 investigadores y ha consolidado varios grupos de investigación que son líderes en su área en México. La Unidad de Matemáticas en Cuernavaca participa en gran cantidad de programas académicos que lo relacionan con otras entidades académicas del área geográfica, participa en los programas de licenciatura de la UAEM, de la nueva licenciatura en ciencias genómicas de la UNAM y en los programas de posgrados de matemáticas, donde cuen-

ta con muchos estudiantes propios y otros de Ciudad Universitaria que cursan materias en Cuernavaca.

Sin duda, las unidades foráneas del Instituto de Matemáticas, tanto en Morelia como en Cuernavaca, constituirán en poco tiempo centros de la UNAM independientes del "instituto madre" en Ciudad Universitaria y contribuirán de manera importante al desarrollo de las matemáticas en México. ☼



LAS MATEMÁTICAS EN CUERNAVACA

José Seade*

La comunidad científica de Cuernavaca creció rápidamente a partir de que la UNAM puso en esta hermosa ciudad sus primeros institutos. Las matemáticas llegaron a Morelos un poco más tarde que otras ciencias, como la biología y la física, pero llegaron con paso firme: el Instituto de Matemáticas de la UNAM abrió su Unidad Cuernavaca en 1996, y hoy en día es ya uno de los centros de matemáticas más fuertes y “pujantes” del país, con amplio reconocimiento internacional. Cada año tenemos en Cuernavaca a un gran número de visitantes provenientes de las mejores instituciones del mundo, así como solicitudes de estudiantes graduados en universidades europeas que quieren venir a hacer un posdoctorado con nosotros. Tenemos varios proyectos de investigación apoyados por la DGAPA de la UNAM y por el Conacyt, así como convenios de colaboración con instituciones de otros países como Francia, Italia y Estados Unidos. Podemos decir con

satisfacción que Cuernavaca ya está firmemente establecida en el mapa mundial de la matemática de vanguardia.

Contamos con una planta de 24 investigadores y cinco técnicos académicos, y tenemos también a 15 estudiantes de maestría y 14 de doctorado, que constituye una unidad foránea del posgrado en matemáticas de la UNAM. Cabe destacar que nuestro centro de investigación es muy joven también desde el punto de vista de su personal académico: 14 de los investigadores son nivel Asociado “C”. Esto significa una preocupación desde el punto de vista de la consolidación futura de nuestra Unidad Cuernavaca por las fuertes restricciones financieras que tiene la UNAM, ya que estos investigadores no tienen un puesto definitivo y los podemos perder a la larga. Pero esto mismo le da a nuestra Unidad Cuernavaca un sello muy especial, como un instituto joven, alegre y dinámico, donde los investigadores convivimos con los estudiantes y hacemos de nuestro centro de trabajo una especie de “segundo hogar”. Podríamos resumir el ambiente académico de la Unidad Cuernavaca

* Instituto de Matemáticas de la UNAM, Unidad Cuernavaca

del Instituto de Matemáticas diciendo que es un lugar donde trabajamos muy fuerte mientras nos divertimos y gozamos del quehacer matemático.

Además de la investigación, en la Unidad Cuernavaca le damos gran importancia a la docencia y formación de recursos humanos. Como unidad foránea del posgrado en matemáticas de la UNAM tenemos estudiantes de maestría y doctorado provenientes de la Facultad de Ciencias de la UNAM, de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), y de varias otras universidades del país, como de Guerrero, Sonora, Oaxaca y Yucatán. Y a la vez que apoyamos el posgrado, también colaboramos estrechamente con la licenciatura en ciencias de la UAEM, en especial con la rama terminal en matemáticas de esta licenciatura. También, miembros de nuestro personal académico participaron en la elaboración del plan de estudios genómicos, que está por comenzar en Cuernavaca, organizado por el Centro de Investigación sobre Fijación del Nitrógeno. Y algunos de nuestros investigadores colaboran con el personal de la UAEM en la organización de las Olimpiadas Estatales de Matemáticas, en las que el estado de Morelos ha tenido un excelente desempeño en los últimos años.

En la Unidad Cuernavaca se hace investigación tanto en matemática básica, por así decirlo, como en sus aplicaciones. Dentro de la matemática básica tenemos investigación de vanguardia en geometría, topología, sistemas dinámicos, análisis, físicamatemática y matemática discreta. Cada una de estas áreas es un universo en sí misma, y no me es posible pretender describirlas en esta presentación, por lo que me contentaré con dar un ligero panorama respecto a algunas de ellas, las más cercanas a mi propia investigación.

La geometría es algo que todos aprendemos en la secundaria y preparatoria. Esas ideas básicas que aprendemos en la escuela son el fundamento sobre el cual se puede profundizar mucho. Y según el punto de vista que seguimos, pasamos por distintas ramas de la geometría. Por ejemplo, supongamos que el objeto geométrico que estamos observando es una esfera en el espacio. Podemos, por ejemplo, preguntarnos cómo son las curvas en la esfera que minimizan la distancia entre los puntos, a las que les llamamos “curvas geodésicas”, o qué tanto se “curva” la esfera cuando variamos su

radio. En este caso estamos en el terreno de la geometría diferencial. O nos podemos fijar en la ecuación que nos define a la esfera $x^2 + y^2 + z^2 = R^2$ y ver, por ejemplo, cómo se deforma este objeto geométrico cuando les ponemos coeficientes a las variables x , y , z , y cuál información sobre nuestro objeto geométrico podemos obtener directamente de la ecuación que lo define. En este caso estamos en el terreno de la geometría analítica (o algebraica). O podemos fijarnos en que la esfera se puede pensar como el plano de los números complejos al que le agregamos un punto, el “punto al infinito”, de manera “compatible” con la estructura compleja. En este caso le estamos dando a la esfera la estructura de una “superficie de Riemann” y estamos en el terreno de la geometría compleja. Éstas son las ramas de la geometría que se cultivan en Cuernavaca.

También podemos preguntarnos qué tipo de propiedades de la esfera se conservan cuando la deformamos “con suavidad”. Supongamos, por ejemplo, que nuestra esfera es de un material perfectamente elástico que podemos estirar, doblar, etcétera, pero no la queremos “romper”. Es intuitivamente claro que podemos entonces deformar la esfera para convertirla, por ejemplo, en un elipsoide o en un cubo, y nos podemos preguntar, por ejemplo, si la podemos deformar continuamente hasta convertirla en una dona. Intuitivamente es claro que esto no es posible, pues una dona tiene un hoyo en medio que no tiene la esfera; pero ¿cómo podemos justificar rigurosamente esta afirmación?

O podemos preguntarnos, también como ejemplo, si una cierta cuerda que está anudada en el espacio la podemos desanudar conservando fijos sus extremos. Responder a este tipo de preguntas puede ser tremendamente difícil; éstas pertenecen al terreno de la topología y para estudiarlas tenemos que entrar en el terreno de la topología algebraica, donde se usan técnicas muy sofisticadas del álgebra. La topología algebraica es otra de las áreas de investigación que se cultivan en Cuernavaca y tiene aplicaciones muy importantes para otras áreas de las matemáticas y para otras ciencias, en especial para la física.

Ahora hablaré un poco de los sistemas dinámicos, que son un punto de confluencia de varias áreas de las matemáticas y de varias otras ciencias. Podemos decir que éstos estudian fenómenos (o situaciones) que va-

rían en el tiempo de acuerdo con reglas establecidas, y se quiere predecir la evolución del sistema a partir del conocimiento de la situación en un momento dado y las reglas de evolución. Es decir, se estudia el cambio de las cosas con el paso del tiempo, a partir del conocimiento de las condiciones en un momento dado, y las reglas bajo las cuales se dan estos cambios. Abundan los ejemplos de sistemas dinámicos en la naturaleza: el fluir del agua en un río, las olas que se forman en una alberca cuando arrojam una piedra, el movimiento de los astros en la bóveda celeste, el movimiento de un satélite en órbita, el cambio de temperatura de un recipiente expuesto al calor (o al frío), el crecimiento de población, el crecimiento de capital, los fenómenos de epidemiología. Todos estos ejemplos se pueden “matematizar”, por así decirlo, y estudiar a través de modelos matemáticos que los representan. Hablar de un movimiento que varía continuamente al correr el tiempo es básicamente hablar de ecuaciones diferenciales. Y si el parámetro es discreto, como por ejemplo si hacemos observaciones periódicas del crecimiento de una cierta población, entonces estamos hablando, básicamente, de iteración de funciones de un espacio en sí mismo. Esto sugiere que abundan los ejemplos de sistemas dinámicos que surgen dentro de las matemáticas mismas, y eso convierte a los sistemas dinámicos en una de las más fascinantes áreas de la matemática contemporánea, en la que se conjugan técnicas e ideas de prácticamente toda la matemática: topología, geometría, análisis, ecuaciones diferenciales, teoría de números, probabilidad, estadística, y tiene fuertes aplicaciones en física, economía, meteorología, finanzas, biología, epidemiología, ciencias genómicas. Ésta es, por tanto, una de las áreas de las matemáticas más cercanas a las aplicaciones. En la Unidad Cuernavaca del Instituto de Matemáticas tenemos a un grupo de investigación en sistemas dinámicos, cuyo interés es básicamente “matemático” o “teórico”, no tanto de buscar aplicaciones. Éste es uno de los grupos de investigación más fuertes en México, cualitativamente hablando, y goza de amplio reconocimiento internacional. También, en nuestro

Laboratorio de Materiales se hace investigación en aplicaciones, en los llamados “sistemas complejos”.

En nuestra Unidad Cuernavaca nos interesa mucho apoyar la matemática aplicada, que es fundamental para el desarrollo futuro de nuestro país. En realidad es difícil separar la matemática aplicada y la matemática básica, pues ambas van de la mano: las aplicaciones son fuente natural de preguntas que propician un desarrollo teórico, el cual más tarde se revierte en aplicaciones. Pero como usualmente nos gusta “clasificar” todo lo que hacemos, podemos decir que en matemática aplicada, en la Unidad Cuernavaca se hace investigación en redes neuronales, astronomía, optimización, sistemas complejos y simulación matemática. Contamos con un Laboratorio de Materiales y una supercomputadora adquirida a través de un proyecto conjunto de la UNAM y la Fundación Médica Sur. Tenemos también un buen grupo de técnicos en computación que apoyan la investigación científica que realizamos.

Toda esta actividad matemática de excelente nivel, con investigadores jóvenes y muchos estudiantes de posgrado —realizada en un entorno realmente paradisíaco, donde el salón de seminarios es una magnífica palapa (que es nuestro orgullo), rodeada de un jardín lleno de flores y árboles frutales—, hacen de nuestro centro de trabajo un lugar realmente excepcional, que ya está en el corazón de muchos de los mejores matemáticos del momento, de distintas partes del mundo, quienes nos visitan con frecuencia y envían a sus estudiantes de posgrado. Esto nos permite soñar con un instituto de matemáticas al nivel de los mejores. Todavía necesitamos crecer, tanto numéricamente como en la calidad de nuestra investigación. Nuestros grupos de investigación son todavía pequeños y, por tanto, frágiles: dependen de unas pocas personas. Esperamos que el Estado mexicano comprenda la necesidad de seguir apoyando la ciencia mexicana, requisito indispensable para el desarrollo del país. Pero con alegría vemos cómo poco a poco nuestro sueño se va haciendo realidad. ☺

MODELACIÓN MATEMÁTICA DE SISTEMAS COMPLEJOS

Luis Javier Álvarez*

Con el advenimiento de las grandes computadoras digitales, en la segunda mitad del siglo xx ha surgido una nueva manera de hacer investigación vía la simulación numérica. Ésta constituye una manera de hacer investigación paralela a la experimentación y al desarrollo de teorías con valor de acuerdo con los fundamentos y métodos del conocimiento científico. Uno de los grandes problemas de la simulación numérica, en general, es la representación de problemas reales mediante modelos suficientemente exactos como para ser computables, es decir, para introducirlos como un sistema de cálculo en una computadora. En la ciencia de materiales hay una serie de características o comportamientos que no es posible estudiar mediante experimentos y que para las teorías físicas y químicas es imposible predecir o explicar su naturaleza. La simulación se ha utilizado desde la década de los cuarenta del siglo pasado, para explorar

esos aspectos de los materiales que no son posibles de abordar de otra manera.

Poco después de la Segunda Guerra Mundial los constructores de armas nucleares idearon una manera de investigar sobre problemas muy difíciles para la teoría y demasiado lejanos de los materiales y de las técnicas experimentales. Inventaron el método de Monte Carlo para simular procesos estocásticos que resultan demasiado complejos como para resolverlos analíticamente. Éste y otros métodos de simulación, como la dinámica molecular y los métodos de la química cuántica, se han constituido, con el tiempo, en maneras de “experimentar” sobre una realidad alternativa. Frecuentemente, aunque los cálculos numéricos no representen ciento por ciento a los sistemas reales, se puede aprender de los experimentos numéricos. Sin embargo, con la existencia de computadoras más rápidas y con mayor capacidad de almacenamiento de información, la metáfora que constituye la simulación se puede perfeccionar para acceder a la simulación realista de sistemas complejos.

* Investigador del Instituto de Matemáticas de la UNAM, Unidad Cuernavaca

El establecimiento de nuevas formas de representación de los materiales y sistemas biológicos en química teórica y el establecimiento de representaciones de la información cuántica en formalismos clásicos o semiclásicos permite trazar, de una manera formal, aunque dependiente del sistema bajo estudio, la línea de demarcación entre el modelado y la simulación, con lo cual se puede decidir, de una manera objetiva, el grado de realismo de las simulaciones y, por tanto, dar sustento teórico a las predicciones surgidas de este tipo de "experimentos". En consecuencia, también, se puede conferir valor epistémico a los resultados inesperados de las simulaciones, con lo cual se deja atrás el carácter tautológico del modelado y se validan las propiedades predictivas y explicativas de la simulación.

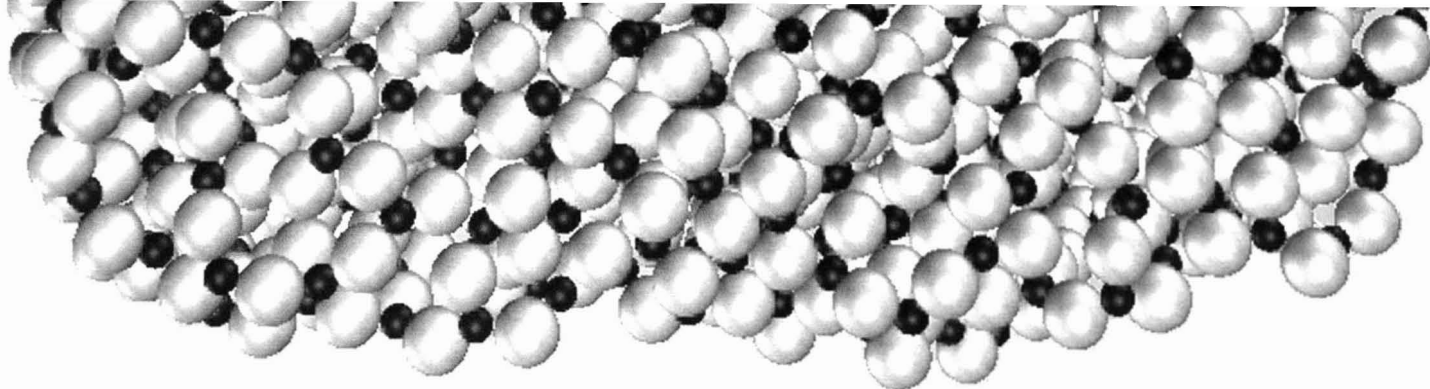
En la historia más reciente de la simulación se distinguen dos etapas. La primera consistió en la demostración de que los métodos de simulación son suficientemente buenos como para representar los materiales reales. Por ejemplo, los primeros trabajos de simulación de gases ideales, con el método de dinámica molecular, en la década de los setenta del siglo xx. En éstos la pretensión era mostrar que las cualidades de los sistemas reales se podían reproducir con gran exactitud mediante la simulación. No fue hasta principios de la década de los noventa que se comenzaron a simular materiales y sistemas biológicos realístamente gracias a los avances en las metodologías de representación en mecánica cuántica y de simulación de dinámica molecular y Monte Carlo, lo cual constituyó la segunda etapa. Es precisamente esta nueva capacidad la que permite aplicar los métodos de la química teórica y de la simulación a problemas de interés no solamente desde el punto de vista de la ciencia básica, sino también con impacto económico.

A partir de simulaciones de sistemas de partículas que representan átomos, iones o moléculas, se encuentran propiedades estadísticas del sistema y se pueden conocer, entonces, las causas de que estas propiedades existan. Por ejemplo, a partir de la estadística de las velocidades de las moléculas de agua en un recipiente se puede saber su temperatura, o a partir de las posiciones promedio de los átomos de un material dado se puede conocer cuál sería su respuesta en experimentos de difracción de rayos X.

En el mundo microscópico las interacciones entre átomos, iones o moléculas no son tan sencillas como las que se presentan en el mundo en el que se desarrollan nuestras actividades cotidianas. Por ejemplo, la creación y rompimiento de enlaces químicos, en algunos casos, entraña una gran complejidad y el comportamiento de sistemas microscópicos y sus propiedades macroscópicas dependen del modo en que interactúan las partículas que lo constituyen. Es por esto que la creación de modelos matemáticos para representar estas interacciones es un tema muy importante para la simulación de materiales.

En el Laboratorio de Simulación de la Unidad Cuernavaca del Instituto de Matemáticas (LS) se desarrollan modelos matemáticos para representar interacciones átomo-átomo y simular materiales en el nivel microscópico. El problema de la representación de la realidad, en general, es que la realidad que se quiere explorar no se conoce; por tanto, su representación tiene que lograrse de manera indirecta o a partir de lo más fundamental que se puede conocer acerca de esa realidad. La manera indirecta es intentar establecer modelos que reproduzcan los fenómenos que se observan, es decir, mediante un método descriptivo, llamado fenomenológico. La mejor aproximación en la representación de fenómenos fisicoquímicos en el nivel microscópico consiste en utilizar la información de "primeros principios" que da la química cuántica para establecer los modelos de interacción átomo-átomo; sin embargo, los modelos matemáticos que se pueden establecer no siempre incluyen en su totalidad la complejidad de las interacciones. Además de los métodos tradicionales de parametrizar funciones analíticas a partir de cálculos de "primeros principios" para representar las interacciones de dos o tres cuerpos o de utilizar potenciales numéricos, en el LS se trabaja en la adaptación al cálculo clásico del método de interpolación de elemento finito para resolver de manera local y altamente eficiente las ecuaciones de la química cuántica.

Dos de las más sorprendentes características de la simulación numérica de materiales es la existencia de propiedades emergentes y el surgimiento de resultados inesperados. Las propiedades emergentes son propiedades que surgen espontáneamente como resultado



Resultado de la simulación por dinámica molecular de una partícula de $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ formada por 11520 átomos. El tamaño simulado es el tamaño real del sistema.

de fenómenos colectivos y los resultados inesperados tienen la misma naturaleza que sus correspondientes en el laboratorio.

La simulación en fisicoquímica se lleva a cabo básicamente con los métodos de dinámica molecular y Monte Carlo. En el primero se integran numéricamente, y en función del tiempo, las $3N$ ecuaciones diferenciales de segundo orden que constituyen las ecuaciones clásicas del movimiento de las N partículas que componen el sistema y se obtienen sus posiciones y velocidades $\{r(t), v(t)\}$. Esto constituye la historia del estado dinámico del sistema y a partir de él se pueden calcular una serie de propiedades como promedios estadísticos en el tiempo que tienen sus contrapartes experimentales. Así, se pueden determinar propiedades de sistemas bajo condiciones termodinámicas extremas que no se pueden establecer en el laboratorio experimental y predecir su existencia y explicar su naturaleza; se pueden “observar” fenómenos en escalas de tiempo y tamaño que no son asequibles experimentalmente. En el método de Monte Carlo se “muestra” al azar un conjunto restringido de estados del sistema en equilibrio termodinámico y se obtienen promedios sobre estados equivalentes para obtener esencialmente las mismas propiedades estadísticas que se obtienen mediante el método de dinámica molecular.

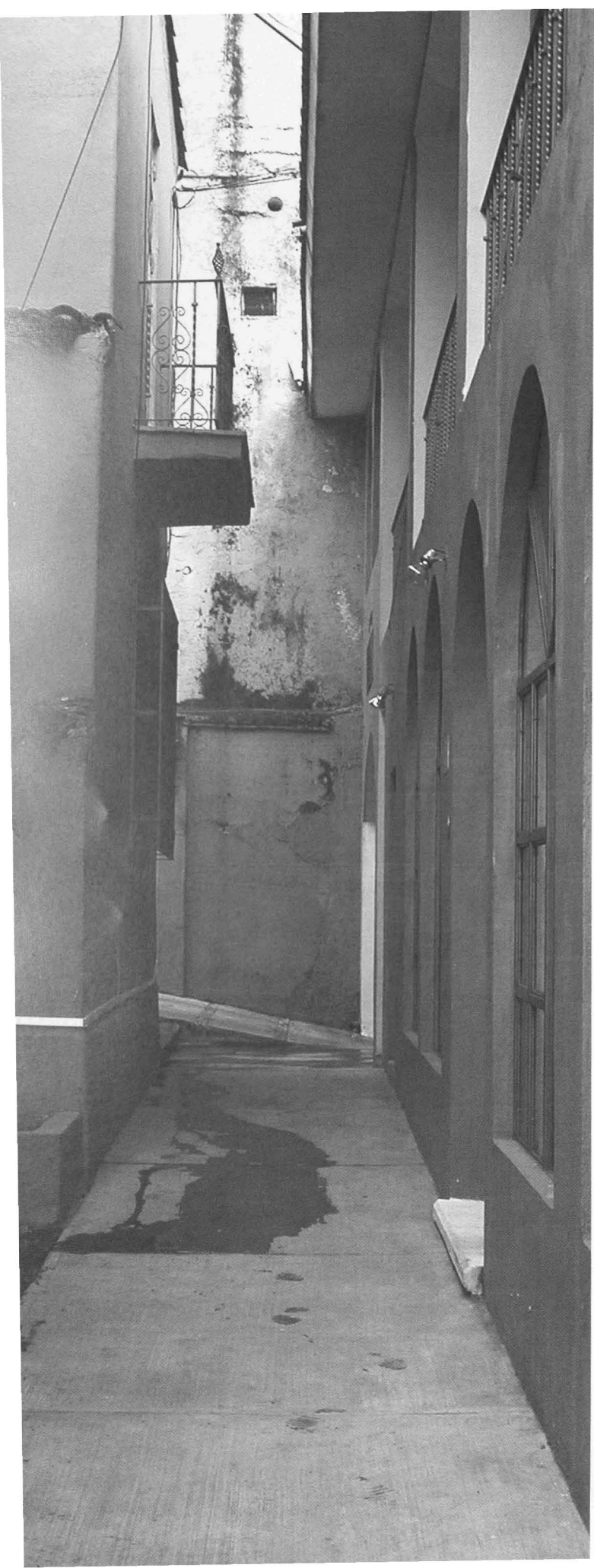
Para aclarar estas ideas se puede pensar en que el método de dinámica molecular es equivalente a tener los cuadros de una película del sistema y los promedios se hacen en función del tiempo. En cambio, en el método de Monte Carlo se eligen cuadros de la película al azar y se hacen promedios sobre los cuadros elegidos.

Para probar y aplicar las metodologías que se desarrollan en el LS se han estudiado materiales que sirven como catalizadores o soportes de catalizadores y adsorbentes basados en compuestos de óxido de silicio,

como son las zeolitas, y óxido de aluminio, como las alúminas, con el objeto de entender mejor cuáles son los mecanismos de adsorción, desorción y catálisis. Estos mecanismos dependen de la localización y abundancia de los llamados sitios ácidos que son los responsables de una serie de procesos tales como el soporte de fármacos, el rompimiento de moléculas de hidrocarburos y la oxidación de productos residuales de procesos de combustión.

Un ejemplo de los resultados obtenidos a partir de simulaciones numéricas es la explicación de la estructura y composición de los espectros experimentales de resonancia magnética nuclear de ^{29}Si de compuestos cristalinos de dióxido de silicio. Estos resultados se han obtenido haciendo simulaciones en las que las cargas eléctricas que portan los átomos de oxígeno se obtienen como resultado de la simulación. Las distribuciones de cargas representan el entorno electrónico de los átomos de silicio que determina su desplazamiento químico. Los resultados experimentales no permitían discernir entre diferentes entornos de los átomos de silicio y con estas simulaciones se han podido establecer claramente.

Para llevar a cabo este tipo de simulaciones son necesarios, además de los modelos matemáticos adecuados, grandes recursos de cómputo, tales como los que ofrece una supercomputadora paralela, pues se necesitan resolver decenas o cientos de miles de ecuaciones diferenciales, para lo cual, además de grandes cantidades de memoria, es necesario un buen número de procesadores. Los modelos matemáticos determinan los algoritmos de solución y éstos se tienen que programar para utilizar simultáneamente un gran número de procesadores y lograr que los tiempos de cálculo sean razonablemente cortos, es decir, que no excedan tiempos que vayan de días a unas cuantas semanas. *



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA EN HUMANIDADES DEL ESTADO DE MORELOS

El Centro de Investigación y Docencia en Humanidades del Estado de Morelos (CIDHEM) es una institución docente con plena autonomía jurídica, académica y administrativa que se rige por su decreto de creación,¹ su estatuto orgánico y sus reglamentos. Fue creado en 1994 por el Congreso local, a iniciativa del Ejecutivo estatal, y por propuesta del doctor Ricardo Guerra Tejada.

El objeto primordial de esta institución es la formación de investigadores y profesores en los niveles de maestría y doctorado, especialmente en el campo de las humanidades y las ciencias sociales.

Sus características son el rigor de los planes y programas de estudio, centrados en la investigación supervisada, y su planta académica del más alto nivel, integrada por profesores e investigadores de las principales universidades y centros de investigación del país.

En poco tiempo, el CIDHEM ha ocupado un lugar destacado en el ámbito educativo estatal y nacional.²

El centro está inscrito en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), y es miembro de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES). 🌿

NOTAS

¹ Decreto número 895 expedido por la XLV Legislatura del Congreso Constitucional del Estado Libre y Soberano de Morelos, publicado en el *Periódico Oficial*, edición 3676, el 26 de enero de 1994, y modificado mediante decreto publicado el 27 de noviembre de 1996.

² El Prontuario Estadístico de los Servicios Educativos de Capacitación para el Trabajo, Educación Media Superior y Educación Superior 1997-1998, publicado por el Gobierno del Estado de Morelos en 1999, señala que para 1997 el CIDHEM ya impartía 40 por ciento de los estudios de doctorado en el estado. De acuerdo con estadísticas recientes, aproximadamente 80 por ciento de los estudios de posgrado en humanidades en el estado de Morelos se imparten en esta institución.

LAS HUMANIDADES EN MORELOS

Ricardo Guerra*



La tradición cultural y política del estado de Morelos es plural y abierta a los problemas de nuestro tiempo. El tránsito a la universalidad exige plantear con rigor los problemas fundamentales del desarrollo y la educación.

La incorporación a la modernidad se debe lograr no sólo en el plano de la ciencia y de la técnica, sino también en el campo de las humanidades, del arte, de la moral y de la política. Es indispensable tomar conciencia de la crisis de los valores tradicionales, de las ideologías, y abrirnos a nuevas etapas históricas. Esto será posible si logramos la participación de todos los mexicanos y de todos los morelenses en este proceso de modernización. Sólo la educación permitirá superar en México la situación de país escindido, en el que un porcentaje muy alto de la población está al margen de la producción y de la cultura.

La formación cultural es urgente, así como la educación en todos los niveles, para resolver los problemas del desarrollo del estado de Morelos y del país. La ciencia y la técnica, el arte y la religión, la filosofía, la moral, el derecho y la política, son la base y el sentido de la educación. Sin la educación, la historia humana es inconcebible. Decía Kant que "el hombre es el único animal que necesita ser educado desde su nacimiento". El desarrollo histórico y la identidad o conciencia nacional de un pueblo, de un estado, de un país, no son posibles ni pueden concebirse sin la cultura. La cultura, la educación, empiezan con la familia y culminan en las universidades, en los centros de investigación.

A lo largo de la historia, la investigación científica y la humanística han sido constitutivas del ser humano. El desarrollo de la historia de Occidente y el tránsito actual a la universalidad confirman el papel decisivo de la ciencia y de la tecnología. Las humanidades son base y fundamento de la formación del hombre, de su educación.

¿Cuál es la situación actual de las humanidades? Hay que aclarar no sólo su problemática, sino su rela-

* Director general y rector del Centro de Investigación y Docencia en Humanidades del Estado de Morelos (CIDHEM)

ción con la historia y con la ciencia. El fundamento es la comprensión clara y rigurosa del hombre como ser histórico, como ser finito, que hace la ciencia, la técnica, la filosofía, el arte, la religión, etcétera. No hay respuestas absolutas ni definitivas. La historia humana es la búsqueda de planteamientos de problemas y de soluciones.

La gran misión histórica del pensar, de la filosofía, de las humanidades, ha sido su desarrollo y culminación en la ciencia y la política. No puede ni debe haber conflictos entre la ciencia, la técnica, el dominio de la naturaleza y la búsqueda de valores morales, de una ética y de un orden jurídico universales. La finitud del hombre lo lleva a buscar en el pensar, en la religión, en el arte, lo valioso, lo esencial.

La cultura en todos sus campos sólo adquiere sentido en la relación con el hombre concreto. El ser humano no se propone sólo la contemplación de la naturaleza, sino su transformación. En la técnica planetaria culmina ahora esta estructura fundamental. Pero el ser mismo del hombre, más allá de la enajena-

ción y del trabajo, necesita del pensamiento, del arte, de la poesía, de la religión. La reflexión filosófica, la creación artística. En una palabra, las humanidades no son más ni menos importantes como parte de la formación del hombre, sino que constituyen su estructura esencial.

Más allá de las determinaciones científico-tecnológicas, más allá del pensamiento calculador –que cuantifica– o de las reglas establecidas, surge la obra de arte genial, poesía, pintura, música. En la religión, en el arte, el hombre busca y propone a lo largo de la historia explicaciones para comprender primero el cosmos, la naturaleza, y más tarde, el mundo propio de la sociedad y del Estado.

En la época moderna predomina la investigación científica y el desarrollo de la tecnología. El dominio de la naturaleza y del mundo son primordiales, pero nunca debe olvidarse el fundamento, es decir, el ser humano. Para evitar ese olvido, hemos creado el Centro de Investigación y Docencia en Humanidades del Estado de Morelos. ☉

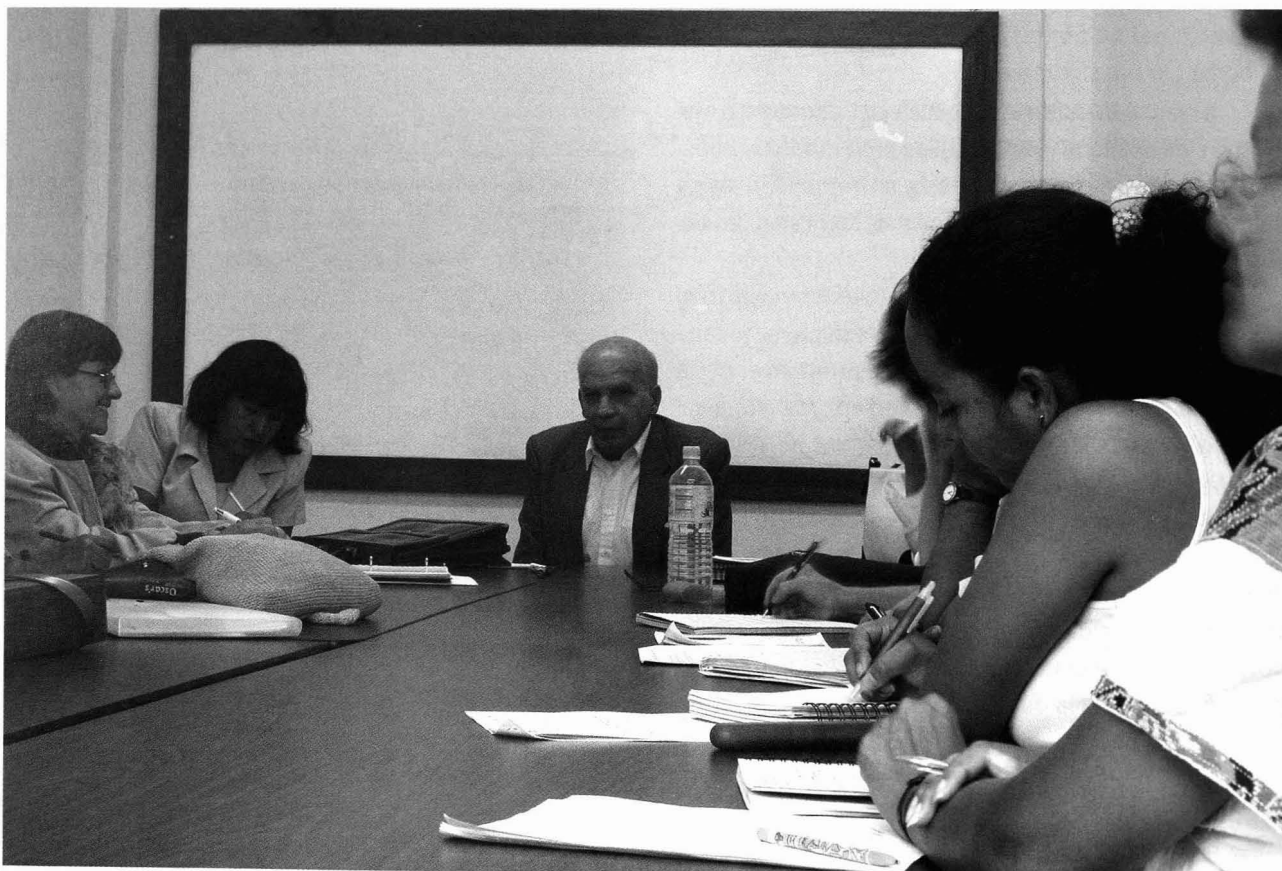
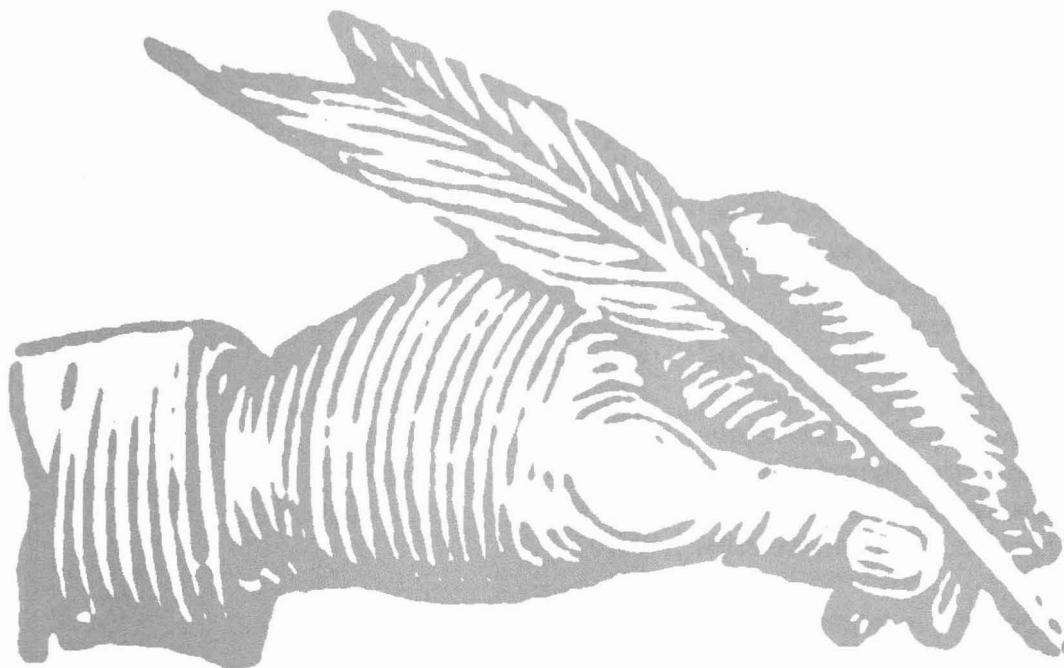


Foto: 3 Ríos

SEMINARIO DE FILOSOFÍA POLÍTICA

Ambrosio Velasco Gómez*



El propósito de este seminario es analizar y reconstruir la tradición política republicana que se inició en México en el siglo **xvi**, como resultado de las polémicas entre los defensores de la conquista y el dominio español, y los defensores de los derechos de los pueblos indios. En esta polémica, humanistas como Bartolomé de las Casas y fray Alonso de la Veracruz recurrieron a la teoría republicana del poder político y reconocieron la validez de las culturas propias de los pueblos autóctonos de América.

El humanismo republicano del siglo **xvi** está inspirado principalmente en la Escuela de Salamanca, fundada por Francisco Victoria, del que fue discípulo directo fray Alonso de la Veracruz. Por otra parte, es importante referirse al proyecto político y religioso de los primeros misioneros franciscanos, dominicos y agustinos. Estas órdenes religiosas entraron rápidamente en conflicto con los conquistadores, los encomenderos, el ayuntamiento,

el clero secular y el virrey. De este conflicto se generaron dos proyectos políticos para Nueva España: sería parte del imperio más grande que jamás hubiera existido o sería una confederación de repúblicas con autonomía, no independencia, frente a la corona española. Colonia de un imperio o utopía.

Zumárraga, Sahagún, Motolinía, Vasco de Quiroga y otros muchos humanistas, entre los que destacan de manera muy especial Bartolomé de las Casas y fray Alonso de la Veracruz, impulsaron y lucharon por el proyecto republicano. Esta lucha, si bien fue derrotada por el proyecto de los encomenderos y conquistadores, dejó una profunda huella en los pueblos indígenas de México —que aún en nuestros días se manifiesta en movimientos como el neozapatismo—, pero sobre todo dio origen a una tradición política de nuestra nación, que responde adecuadamente al problema del multiculturalismo, el cual, sin lugar a dudas, es uno de los problemas políticos más importantes en la actualidad, tanto en nuestro país como en la mayoría de los estados del mundo.

* Director del seminario de filosofía política adscrito al posgrado en filosofía del CIDHEM

PROGRAMA

Para desarrollar este análisis, es menester revisar el concepto de tradición política. Una tradición política es una síntesis de elementos teóricos, tanto empíricos como normativos, y de elementos ideológicos que se desarrollan tensionalmente en el tiempo. Para analizar este análisis hay que recurrir a autores como MacIntyre, Oakshott y Shills, entre otros.

Después de este preámbulo teórico-metodológico, continuaremos con un análisis del pensamiento político de Vitoria, especialmente el referente a su jusnaturalismo y su aplicación a la conquista del Nuevo Mundo. El siguiente punto se dedicará al estudio del contexto político e ideológico de los dos proyectos político-religiosos: imperio y utopía, prestando especial atención a la polémica entre Ginés de Sepúlveda y Las Casas. Posteriormente, analizaremos la filosofía política de fray Alonso de la Veracruz en su obra *Sobre el dominio de los infieles y la guerra justa*, así como en su trabajo sobre los diezmos.

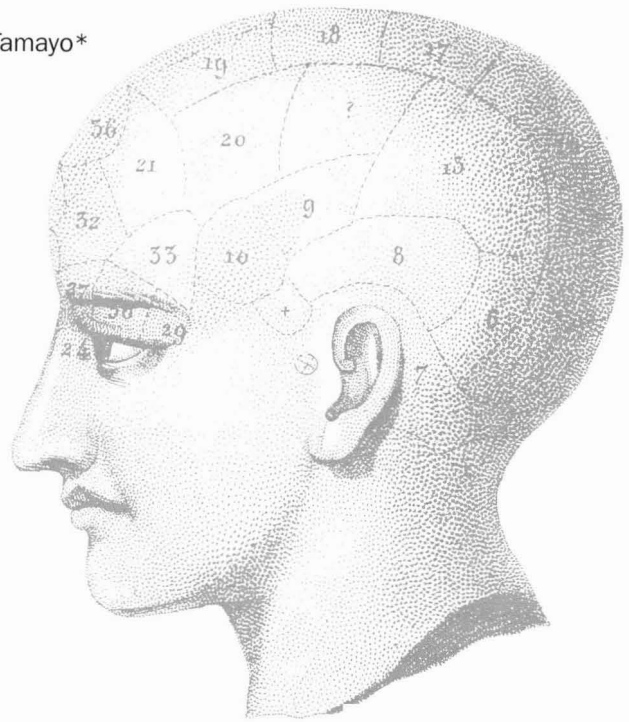
A partir de estos dos humanistas reconstruiremos los valores, las tesis y los proyectos políticos fundamentales de la tradición política republicana, enfatizando su relevancia para la historia política de México. ☉



Foto: 3 Ríos

EL MODELO EPISTÉMICO DEL SICOANÁLISIS

Luis Tamayo*



El sicoanálisis no es una corriente psicológica ni psiquiátrica, tampoco una religión ni mucho menos una ética. Su modelo epistémico no corresponde al de la psicología ni la psiquiatría; corresponde más al de la filosofía cínica o al de la pederastia socrática. El sicoanálisis es, como indica J. Allouch, una erotología o, como prefiero enunciarlo, una filosofía en acto.

El sicoanálisis es un espacio en el cual el analizante, gracias a sus síntomas, se pregunta por el sentido de su vida, por su ser. En el diván aparecen “aterrizados” los grandes problemas filosóficos y ahí encuentran solución, en acto, esos enigmas (si es que realmente merecen esa denominación).

En el sicoanálisis, el analista no opera como un sujeto que estudia un objeto —el paciente—, sino un espacio donde el impaciente analizante se estudia a sí

mismo, en tanto sujeto, ante ese otro denominado “analista”. Este modelo fue descubierto por Freud en 1895, cuando logró descifrar, aunque de manera fragmentaria, lo que la tradición ha denominado como “el sueño de la inyección aplicada a Irma”.

DE LOS ORÍGENES

Cuando Freud hablaba de los orígenes de su práctica refería un dato preciso: el sueño ocurrido en la noche del 23 al 24 de julio de 1895, ése denominado por la tradición “el sueño de la inyección aplicada a Irma”,¹ que Freud mismo leyó de manera suficientemente convincente para generalizar la hipótesis, luego desplegada en la *Traumdeutung*: “El sueño es una realización de deseos”.²

Este sueño se inicia con una reunión en la cual Freud se acerca a Irma para reprocharle que aún no acepte su “solución” (*Lösung*): “Si todavía tienes dolores es por tu exclusiva culpa”, a lo cual ella responde con una frase que hace dudar a Freud sobre su diagnóstico: “Si supieses los dolores que tengo ahora en la garganta,

* Director del seminario de fundamentos filosóficos del sicoanálisis, adscrito al posgrado en filosofía del CIDHEM

el estómago y el vientre, me siento oprimida". A continuación Freud inspecciona la garganta (*Hals*) de Irma, hallando unas formaciones rugosas semejantes a los cornetes nasales con abundantes escaras blanco grisáceas. Preocupado, llama a otros colegas –el doctor M., Leopold, Otto–, que repiten el examen y finalmente indican: "No hay duda, es una infección, pero no es nada; sobrevendrá todavía una disentería y se eliminará el veneno". En ese momento Freud escribe:

Inmediatamente nosotros sabemos de dónde viene la infección. No hace mucho mi amigo Otto, en una ocasión en que ella se sentía mal, le dio una inyección con un preparado de propilo, propileno, ácido propiónico, *trimetilamina*³ [...] No se dan esas inyecciones tan a la ligera [...] Es probable también que la jeringa no estuviera limpia.⁴

En su estudio de este sueño, Freud señala que con éste buscaba evitar la culpa que sentía por la ausencia de resultados satisfactorios en el tratamiento de Irma, vengándose así de Otto –su ex colaborador y pediatra de sus hijos Oscar Rie–, el cual, en un encuentro realizado la víspera, había respondido a la pregunta de Freud acerca del estado de Irma: "Está mejor, pero no del todo bien", que Freud interpretó como un reproche. Por ello tomó venganza de Rie en el sueño, al responsabilizarlo del malestar de Irma por su "descuidada inyección" de trimetilamina –una sustancia considerada por Freud y Flie como fuertemente ligada con el líquido seminal.

Resumamos. Al inicio del sueño, Freud reprochaba a Irma por no aceptar su solución (*Lösung*) y, al final, la causa del malestar de Irma era también una solución (*Lösung*) de trimetilamina. Freud, por tanto, dado que era el que indicaba la "solución" que la aliviaría de sus malestares, seguía siendo el responsable. Como podemos derivar fácilmente (aunque Freud nunca lo reconoce en el texto), el médico se estaba culpando por sus deseos eróticos respecto a su paciente –y amiga– Irma.

No me extenderé más en la interpretación freudiana de este sueño, la cual ha recibido numerosas relecturas y críticas;⁵ tan sólo recordaré lo planteado por Jacques Lacan en la sesión del 16 de marzo de 1955 como interpretación de ese sueño, en la cual hace decir a Freud:

Yo soy ese que quiere ser perdonado por haber osado comenzar a curar tales enfermos, que hasta el presente no se les quería comprender y a quienes se prohibía curar [...] Yo soy ese que no quiere ser culpable, pues es siempre culpable el que transgrede un límite impuesto, hasta entonces, a la actividad humana [...] Mi ambición fue más grande que yo. La jeringa estaba sucia sin duda. Y justamente en la medida en que he deseado demasiado, en que he participado en esa acción donde he querido ser, yo, el creador y no soy el creador. El creador es alguien más grande que yo. Mi inconsciente es esta palabra que habla en mí, más allá de mí.⁶

EL MODELO EPISTÉMICO DEL SICOANÁLISIS FREUDIANO

Ubiquémonos en la situación del Freud que se encuentra ante su sueño *princeps*, ante el asombro de las imágenes y aún bajo el influjo de las emociones concomitantes. Ese Freud no aceptó considerar su sueño, tal y como hacían los neurólogos de la época, como una "actividad errática del cerebro"; prefirió considerarlo como un fenómeno cargado de sentido y se abocó a descifrarlo. Acto seguido inició el análisis: dividió el sueño en escenas y asoció los elementos presentes en cada una de ellas, dejándose llevar por su pensamiento y tratando de no omitir detalle alguno. Al final del proceso, Freud tenía un texto mucho más amplio que lo obligaba a reconocer un deseo reprimido por él mismo, un deseo que sólo a contramano admitía y cuyo rechazo de su parte era una prueba más de su validez.

Y eso que Freud descubría se lo comunicaba, por vía epistolar, a su amigo berlinés, al otorrinolaringólogo y sexólogo aficionado W. Flie, que le contestaba (no sabemos qué, su correspondencia está perdida) lo necesario y con el tino suficiente para que Freud le siguiera escribiendo.

En resumen, en esa situación, tenemos a un Freud que se busca y se rebusca a sí mismo⁷ ante otro, con el fin de encontrar el sentido de sus sueños y demás formaciones del inconsciente. Freud no estudiaba un objeto externo, sino que lidiaba con una parte oscura y enigmática de sí mismo, con una parte de su subjetividad reprimida. Freud no era un sujeto que investigaba un objeto sino a un sujeto que se miraba a sí mismo ante otro.

Como se aprecia en el modelo epistémico del psicoanálisis, se deja atrás el esquema que las ciencias utilizan para pensar la relación con su objeto:

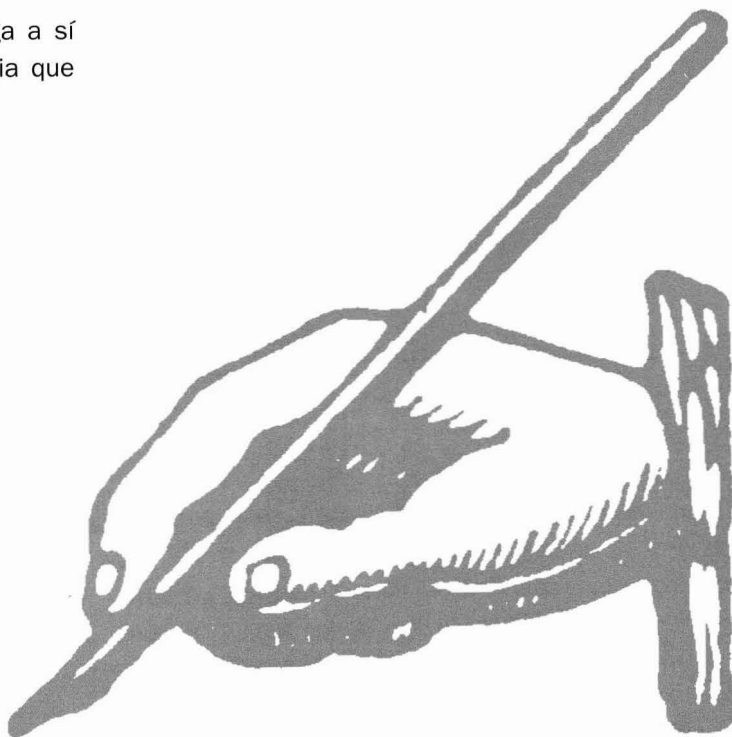
S O

para establecer otro modelo:

S O_(analista)

en el cual el sujeto (el analizante) se investiga a sí mismo gracias a la pantalla de la transferencia que constituye el objeto (el analista).

Resumiendo, en el psicoanálisis no se deja fuera al sujeto; se trata de una investigación del analizante sobre sí mismo ante otro, la cual conduce a modificar la propia vida, a generar un analista. Y analista es aquel –y esto hay que decirlo con claridad– que ha cursado hasta el fin su análisis, descubriendo en tal experiencia la existencia de procesos inconscientes propios y por ello, comunes; analista es aquel que ha establecido un compromiso con la verdad. ☉



NOTAS

- ¹ Sigmund Freud, "Traum vom 23/24 Juli 1895", en *Die Traumdeutung*, Fischer, Frankfurt am Main-Hamburg, 1964, págs. 98-109.
- ² "Der Traum ist eine Wunscherfüllung", en *ibid.*, pág. 110 y ss.
- ³ Me permito poner en itálicas este vocablo porque Freud también lo subraya en el original, lo cual no es respetado en las versiones castellanas.
- ⁴ A. Grinstein, *Los sueños de Sigmund Freud*, Siglo XXI, México, 1982, pág. 19.
- ⁵ Entre los numerosos estudios escritos al respecto (Anzieu, Grinstein, Schur, Erikson) cabe destacar los brillantes ensayos que Manuel Hernández García ha publicado en *Me cayó el veinte* (núms. 4-6, 2001 y 2002), los cuales permiten situar,

- de manera convincente, el deseo inconsciente de Freud en ese sueño: pagar con la vida de su hija mayor, Matilde, por haber provocado, con sus inyecciones de sulfonal, la muerte de una paciente del mismo nombre, así como sus deseos eróticos respecto a su paciente Anna Hammerschlag/Emma Eckstein (desde mi punto de vista la identidad de la Irma del sueño corresponde, al menos, a estas dos pacientes de Freud).
- ⁶ *Le moi dans la théorie de Freud et dans la technique de la psychanalyse*, sesión del 24 de noviembre de 1954 (la traducción es mía).
- ⁷ No fue otra la manera como Heráclito denominó la actividad que lo hizo filósofo (fragmento 101). Cfr. *Los presocráticos*, en versión de J. D. García Bacca, FCE, México, 1980.

Ditirambos / 7

Elsa Cross*

Bajo el árbol partido,
puerta del inframundo,
algo jala al corazón
hacia un fondo no alcanzado.

Sigo tus huellas.

El musgo cubre la tarde,
brotan helechos de la fuente.
Cerca

un gallo picotea
y el viento se cuelga
de una tela de araña.

Sigo tus huellas
que a medio paso
se desvanecen.

Se hunde el sueño
en tus raíces.

Miro tus huellas
donde termina la punta de la hoja,
donde el revuelo interminable cesa.

Entre rizos de helecho
el tronco del sabino reverdece
y en esos musgos del verano que avanza
mi muerte acerca sus orillas,
duplica tu bella máscara,
tu silencio de pájaro.

Miro en las cosas tus huellas turbulentas
y me hundo en un abrazo
que no quiero dejar.

* Directora del seminario de filosofía y literatura adscrito al posgrado en filosofía del CIDHEM.
Este poema pertenece al libro inédito *El vino de las cosas. Ditirambos*



EN BUSCA DE LAS MUSAS DE RODIN

Enrique Moreno de los Arcos*

Una de las piezas escultóricas más conocida y apreciada por el público de nuestros tiempos es, sin duda, *El pensador* de Auguste Rodin. Realizada entre 1902 y 1904, fue inaugurada en París en 1906. De 1.82 metros de altura, puede apreciarse en los jardines del Museo Rodin, en la "ciudad luz".

Un poco menos conocido es el origen de esta monumental obra. Entre 1880 y 1917, año de la muerte de Rodin, nuestro personaje se ocupó de la magna escultura *La puerta del infierno*. Se trata de una pieza colosal que simula, en efecto, una puerta de dos hojas profusamente adornada con personajes y pasajes extraídos del "Infierno" de la *Divina Comedia* de Dante Alighieri. Fundida en bronce entre 1919 y 1929, puede considerarse como la gran obra póstuma del escultor. Se encuentra, también, en los jardines del museo. Inspirada, en principio, en las puertas del baptisterio de Florencia (particularmente en la llamada *Del paraíso*),

Rodin eliminó el cuarteado de paneles geométricos (diez en total) y optó por utilizar un dintel y dos batientes.

Salvo pocas excepciones, las figuras de la puerta son relieves, altos y bajos. Como figuras complementarias cabe destacar al menos dos: *Las tres sombras*, que son la culminación superior de la puerta (afuera de ella) y *El pensador*, que ocupa el lugar central del tímpano de la misma. Ambas cobraron independencia, si bien *Las tres sombras*, que al parecer la obtuvieron antes que *El pensador*, no alcanzaron la fama de este último. El personaje al que representaría la figura pensativa era Dante. Originalmente el gran escritor vestiría una túnica, pero después Rodin optó por representar a un hombre desnudo meditando, sentado en una roca. La escultura original de la puerta mide .71 metros de alto.

Las sobrecogedoras figuras –dantescas en estricto sentido– hacen recordar, al menos, dos posibles antecedentes. Por un lado, los grabados de Gustave Doré, que entre 1860 y 1861 ilustró la *Divina Comedia*, y cuyas imágenes del "Infierno" permiten establecer no pocas comparaciones. De mucha mayor antigüedad, es

* Profesor e investigador del CIDHEM

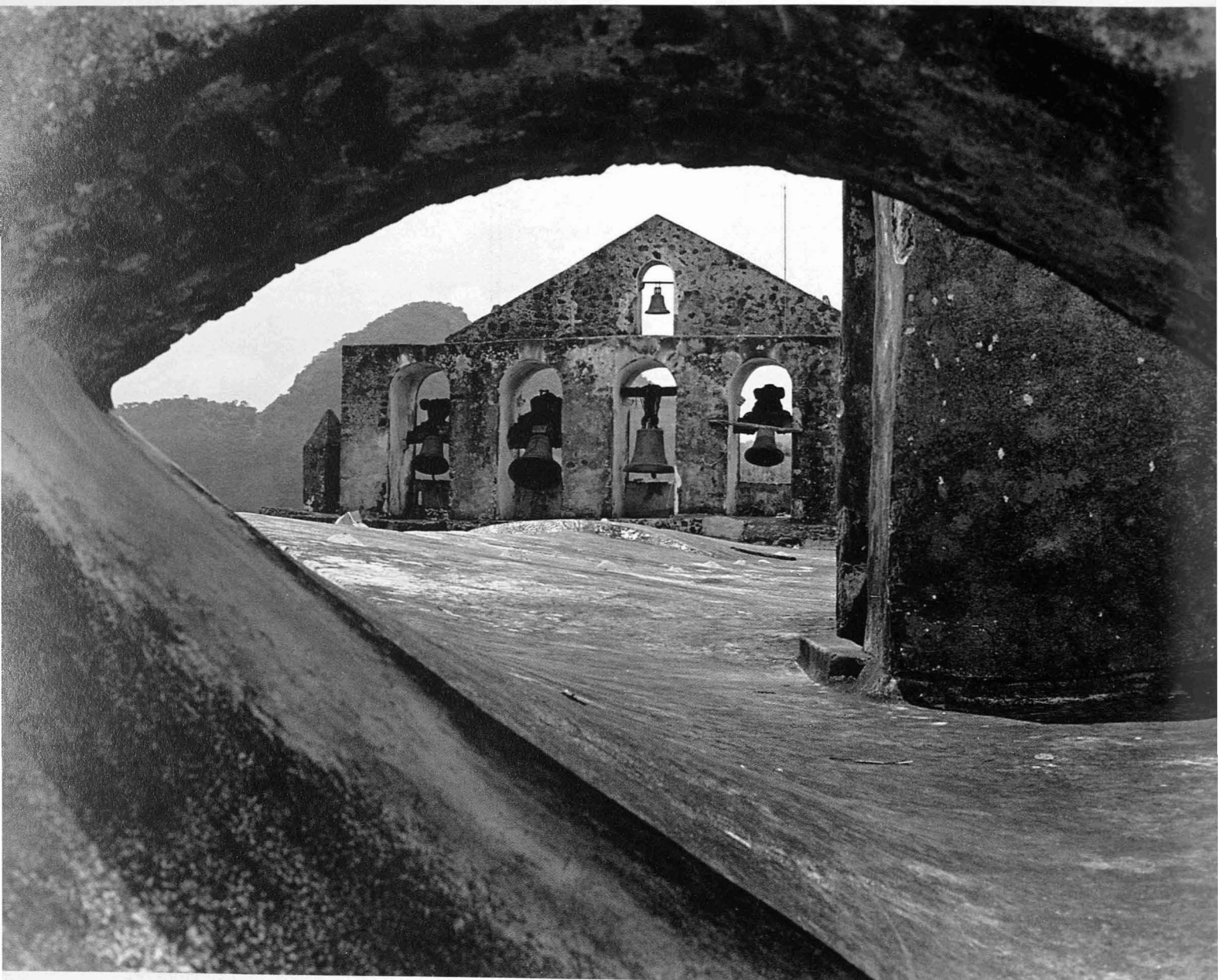


Foto: Ricardo María Garibay

decir, de finales del siglo xvii, encontramos una composición muy similar a *La puerta del infierno*, ubicada en el museo de *La Specola*, en Florencia, Italia. La *Università degli Studi di Firenze* posee un museo de historia natural con seis sedes según las especialidades: antropología y etnología, botánica, geología y paleontología, minerología y litología, así como jardín botánico (*Giardino dei Semplici*) y la que nos ocupa: la *Sezione di Zoologia La Specola*.

El edificio que alberga el museo de *La Specola* (así conocido por su observatorio astronómico) se encuentra justo al lado del *palazzo Pitti*. La planta alta tiene 34 grandes salas donde se exhiben, disecadas, un sinnúmero de especies animales marinas y terrestres. Las últimas diez, de la xxv a la xxxiv, contienen la colección de figuras anatómicas de cera realizadas desde finales del siglo xvii hasta bien entrado el xviii. Se encuentran en ellas cortes de figuras de tamaño natural o, bien, órganos y partes del cuerpo aisladas.

La última sala, la xxxiv, contiene cinco obras completamente diferentes a las piezas anatómicas de las nueve salas anteriores. Se concentran en ella las figuras de Gaetano Giulio Zumbo. La central es un corte de una cabeza humana hecha en cera sobre un cráneo auténtico. Junto a las paredes están cuatro *teatrini* (dioramas) que reflejan escenas relacionadas con la enfermedad y la muerte. Una es *Il Trionfo del Tempo*, otra es *Peste*, la tercera es *Morbo Gallico* (la sífilis) y, finalmente, la que nos ocupa, *El Sepolcro* o *La Vanità della Gloria Umana*.

La composición de este diorama es tan similar —dado lo dantesco de las escenas y la figura pensativa que preside el cuadro— a *La puerta del infierno* de Rodin que permite suponer que allí encontró la inspira-



ción. Sabemos que Rodin visitó Florencia a finales de 1875 y principios de 1876, y que en 1864 hizo cursos de anatomía en la Escuela de Medicina en París.

Sabemos también que las obras de Zumbo estuvieron en *La Specola* hasta 1878, cuando fueron enviadas a otros lugares, y que volvieron a su sitio original en 1974. No resulta descabellado, en consecuencia, que Rodin haya quedado impresionado con la composición de *El sepulcro*.

La creatividad de Augusto Rodin es otro ejemplo de que las construcciones humanas son producto del adecuado estudio de quienes nos antecedieron, sea en el arte o la ciencia. ☼

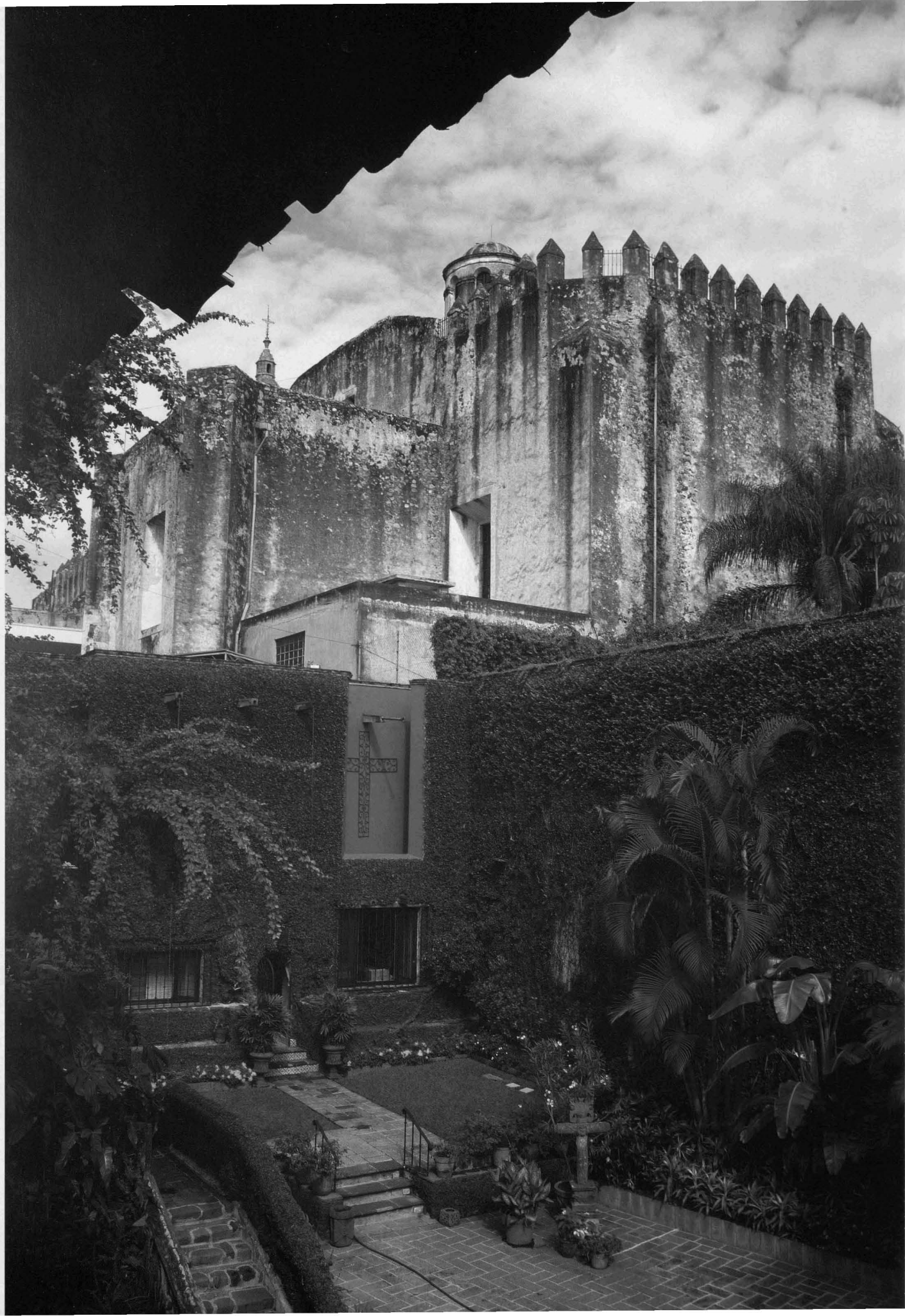
REFERENCIAS

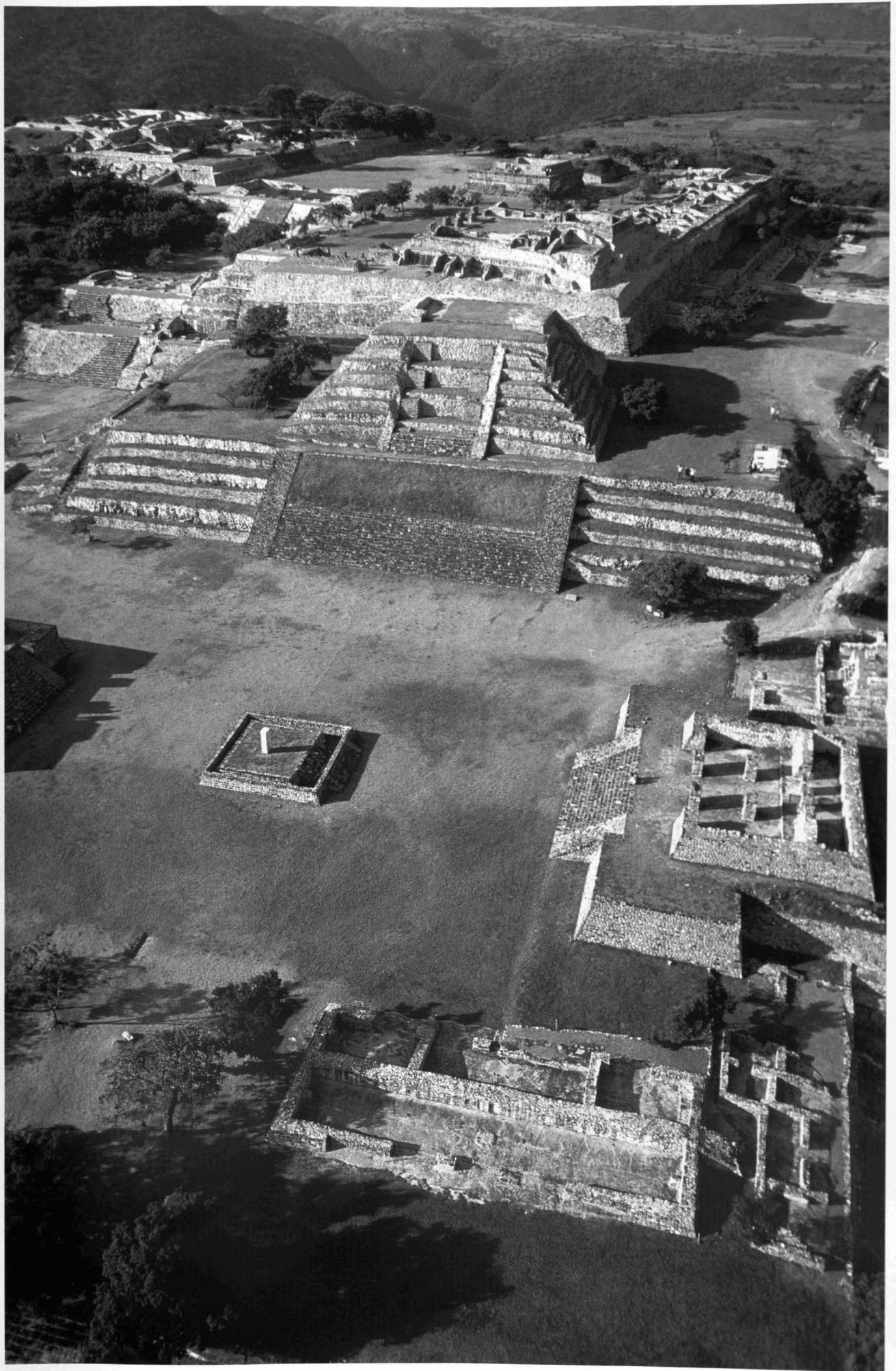
- BEAUJARD, Pascale (trad.), *Rodin*, catálogo de la exposición en el Museo del Palacio de Bellas Artes, Sala Nacional, Américo Arte/INBA, Milán-México, julio-septiembre de 1995, 352 págs.
- NÉRET, Gilles (ed.), *Auguste Rodin. Esculturas y dibujos*, Sara Mercader (trad.), Taschen, Lisboa, 1997, 96 págs.
- Università di Firenze, "Museo di Storia Naturale dell' ...sezione di zoologia La Specola", *Enciclopedia anatómica. Collezione completa de cere anatomiche*, Taschen, Colonia, 1999, 704 págs.
- VILAIN, Jacques et al., *Museo Rodin*, Beaux Arts, París, 2000, 68 págs.

A black and white photograph of a dense forest reflected in a body of water. The forest is thick with tall trees, and the water is calm, creating a clear reflection of the foliage. The scene is captured in a wide-angle shot, with the horizon line separating the dark water from the dark forest. The overall mood is serene and quiet.

Adalberto Ríos Szalay
FOTÓGRAFO



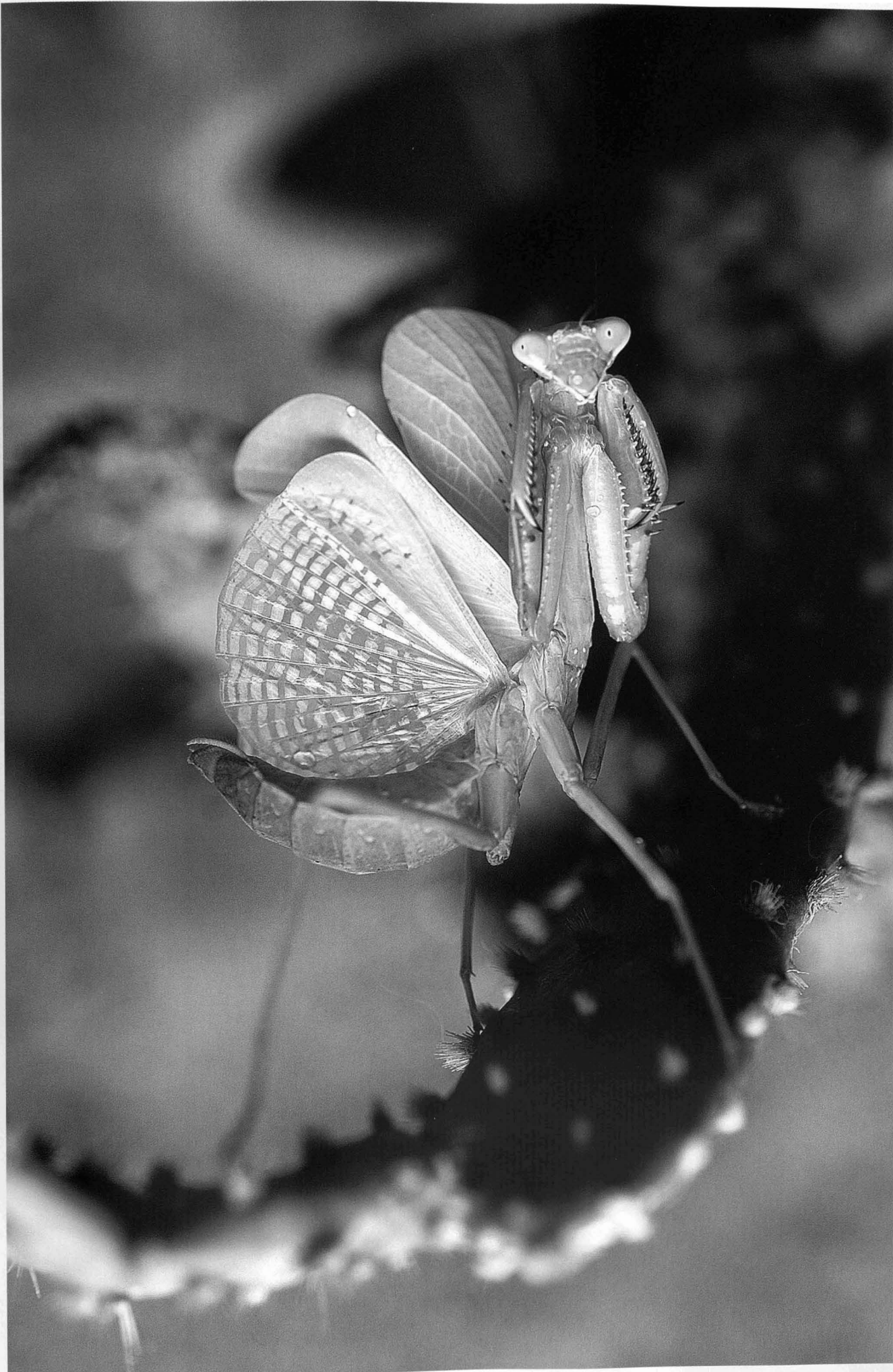


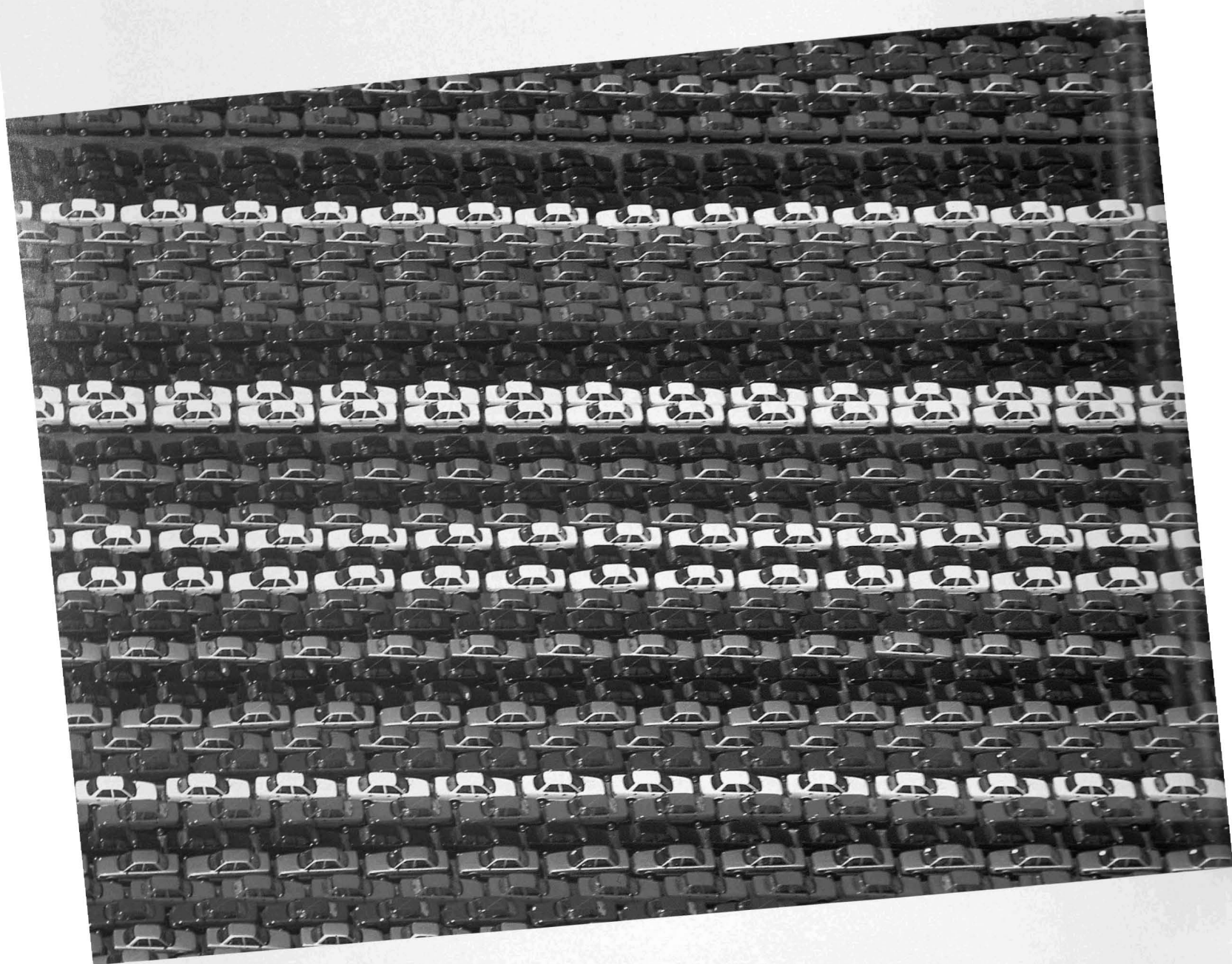


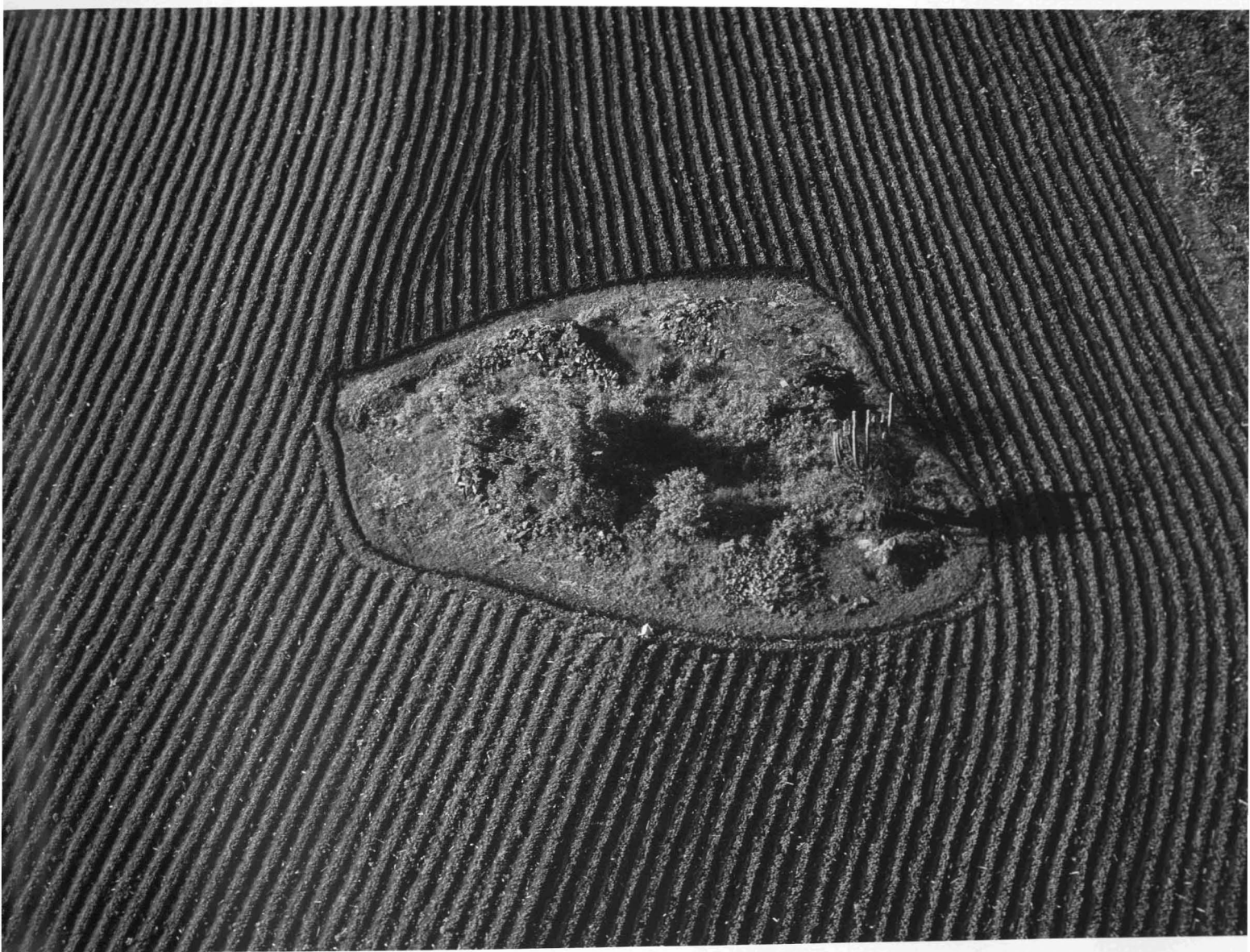


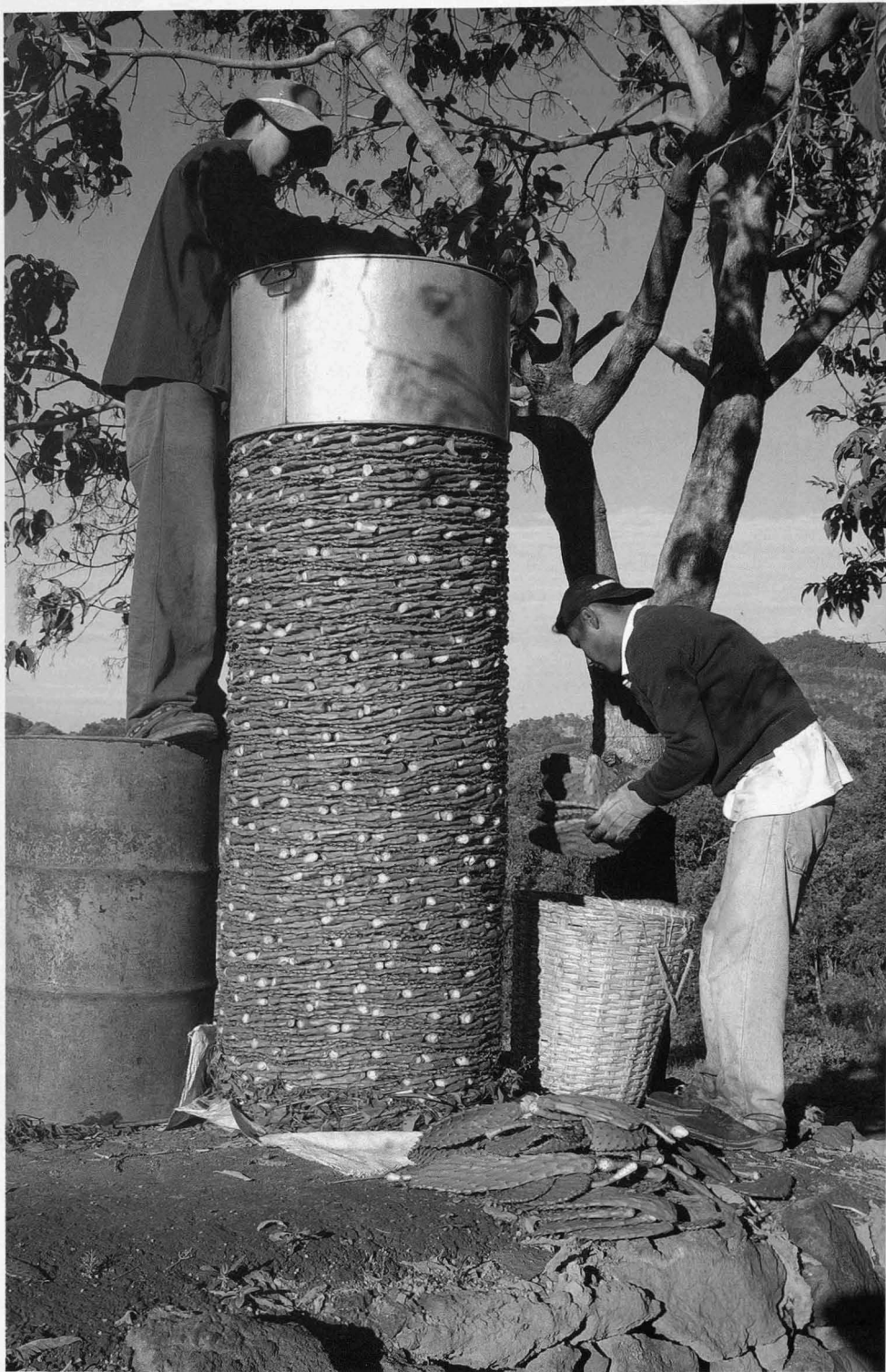






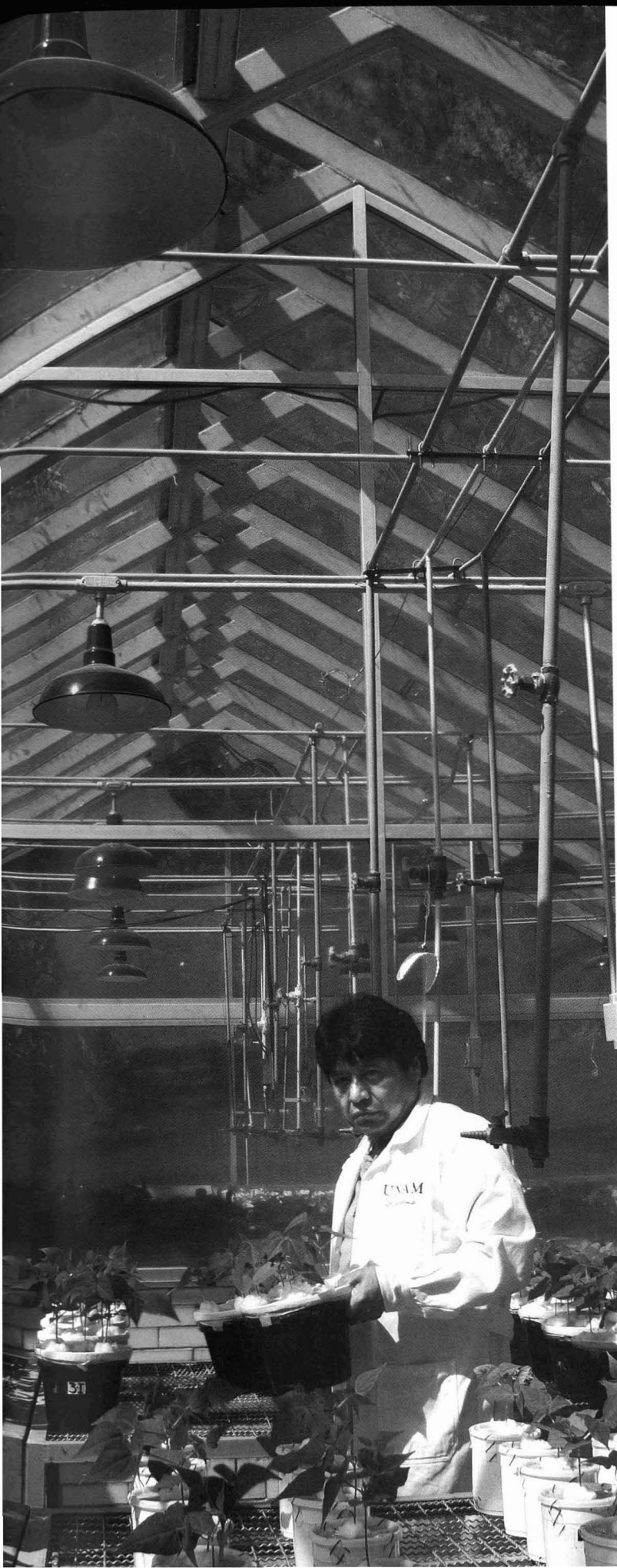












EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN SOBRE FIJACIÓN DE NITRÓGENO

Georgina Hernández Delgado*

El Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno (CIFN) es la entidad pionera de la UNAM en el estado de Morelos; sus instalaciones fueron inauguradas en 1981, un año después de que el Consejo Universitario aprobó su creación. El CIFN ha contribuido al desarrollo del Campus Cuernavaca de la UNAM, que representa un modelo exitoso de crecimiento y descentralización de la investigación científica en nuestro país. En sus inicios, el centro no tenía tradición en el área de la fijación biológica del nitrógeno; empezó *de novo*, y actualmente es considerado un centro de excelencia en el ámbito internacional, semejante a los mejores laboratorios del área en países desarrollados.

A fines de los años setenta, los doctores Jaime Mora y Rafael Palacios, investigadores del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM, con el apoyo del entonces rector doctor Guillermo Soberón, plantearon el proyecto de creación del CIFN. Se trataba de un proyecto original, de un nuevo experimento. Esta generosa casa,

* Directora del Centro de Investigación sobre la fijación del nitrógeno (CIFN)



nuestra universidad, brindó la oportunidad de realizar ese experimento: un centro en el que todos los esfuerzos se dirigen en la misma dirección, o como dice Jaime Mora, “todas las flechas hacia el mismo blanco”. La premisa fue que sólo el trabajo, en colaboración con una comunidad de académicos y estudiantes comprometidos en un área específica, tiene la posibilidad de hacer una contribución científica relevante. Se planteó la construcción de un sistema capaz de generar investigación científica fundamental de frontera y, a la vez, que los conocimientos generados tuvieran un potencial de aplicación. De aquí que se eligió la fijación biológica de nitrógeno (N) como sistema de la investigación en el CINF; es decir, la reducción del N atmosférico a amonio, que es realizada por un selecto grupo de bacterias.

Este proceso es responsable del principal aporte de N hacia la biosfera. El área de la fijación biológica de N es, en efecto, un área prioritaria de la biología que ha aportado avances importantes tanto para el área espe-

cífica como para la ciencia en general, y tiene un gran potencial para incidir en la agricultura sostenible.

El proyecto académico del CINF, original desde su concepción y estable en su ejecución, ha sido –a mi juicio– exitoso. Sin embargo, toca a la comunidad académica evaluar el desempeño de este centro, tomando en cuenta las características que distinguen esta entidad de las demás entidades universitarias. Los que laboramos en el centro hemos creado una comunidad armónica, que sabe trabajar en colaboración, conservando la diversidad y originalidad entre sus individuos. Estamos firmemente convencidos de los beneficios que este estilo de trabajo conlleva al plantearnos resolver en comunidad problemas científicos de gran envergadura y relevancia. Esta integración humana y de proyecto científico compartido es lo que nos caracteriza y distingue, a diferencia de otras comunidades nacionales y del extranjero que, al abordar muy diversos sistemas dentro de una misma subdisciplina, fragmentan y has-

ta imposibilitan la integración de esfuerzos individuales en logros grupales.

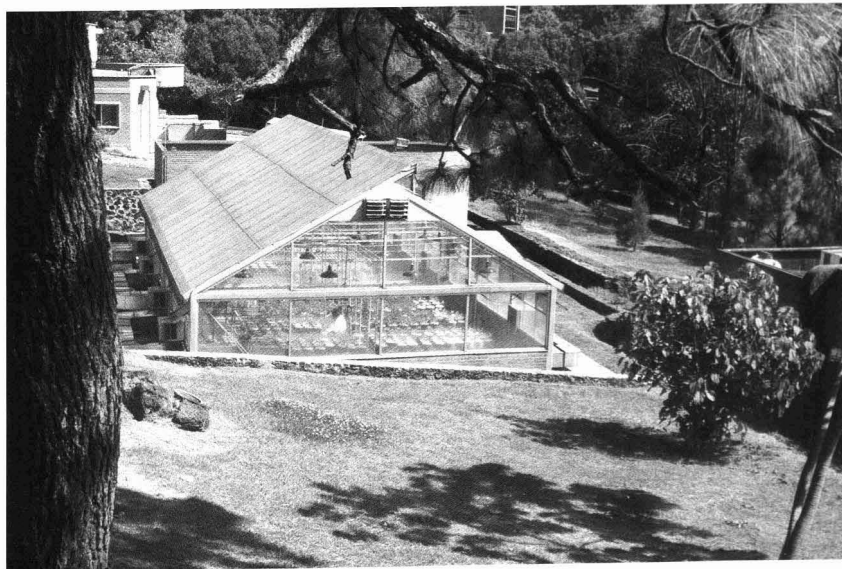
Los objetivos de este centro son contribuir al avance de la ciencia; mantener un nivel de frontera en la investigación sobre fijación de N; realizar proyectos genómicos de bacterias y plantas; contribuir al desarrollo de las ciencias genómicas en México; contribuir al desarrollo de la agricultura sostenible a través de la investigación básica y aplicada en fijación biológica de N, y formar recursos humanos para la investigación. La investigación científica que se realiza en el CIFN está organizada en siete programas de investigación; cada uno de éstos tiene una estructura flexible en cuanto a su personal académico y a su dinámica. La investigación en colaboración que se realiza en cada programa está orientada a la solución de problemas de un cierto tópico, tomando la fijación biológica de N como el sistema de estudio. En el CIFN se realizan proyectos globales, principalmente sobre ciencias genómicas y sobre agricultura sostenible —que mencionaré mas adelante—, en los que colaboran investigadores de distintos programas de investigación, y otros colegas tanto del país como del extranjero.

“La fijación de nitrógeno: de la ciencia genómica a la agricultura” es el título que define la investigación en este centro. Estudiando el sistema de la fijación biológica de N, el objetivo ha sido alcanzar la frontera en subdisciplinas de la biología tales como la genética molecular, la fisiología molecular, la ingeniería metabólica, la ecología molecular, la taxonomía, la evolución molecular y la biología molecular computacional. Las ciencias genómicas constituyen la frontera de la biología del nuevo siglo, que impactará de manera relevante el área de la fijación biológica de nitrógeno. En concordancia, la investigación actual del CIFN se orienta hacia las ciencias genómicas de la microbiología vegetal, que incluye a las plantas y a los microorganismos que se asocian con éstas.

Las ciencias genómicas se refieren al conocimiento de la totalidad de la información genética —el genoma—

de los organismos. Los recientes descubrimientos sobre ciencias genómicas constituyen un nuevo paradigma para la biología; es un área estratégica en el mundo actual. Los proyectos genómicos globales del CIFN están enfocados tanto a *Rhizobium etli*, bacteria simbiótica fijadora de N, como al frijol, leguminosa con la cual establece simbiosis y que es la base de la dieta de los mexicanos. Por cierto, esta bacteria fue “bautizada” en el CIFN, con base en los resultados de la investigación sobre su taxonomía, con un nombre de origen mexicano: *etl*, que en náhuatl significa frijol. En México, el primer proyecto único hasta la fecha de secuenciación e interpretación de la información genética a gran escala es el del genoma de *Rhizobium etli*, cuya secuencia se terminará próximamente en el CIFN. Otras de nuestras aportaciones para el desarrollo de las ciencias genómicas en México son, por ejemplo, el establecimiento en el centro del nodo más completo de bioinformática del país, que forma parte de la red internacional conocida como EMBnet (European Molecular Biology Network) y la fundación de la Sociedad Mexicana de Ciencias Genómicas, con sede en el CIFN, cuya misión es coadyuvar al desarrollo y la consolidación de esta área científica en México a través de la organización de diferentes actividades académicas.

La agricultura sostenible se define como aquella orientada hacia una mayor eficiencia y conservación de los recursos manteniendo un ambiente favorable para la conservación de todas las especies. Una de las fuerzas



motoras detrás de la agricultura sostenible es el manejo eficiente del N del ambiente. La manipulación exitosa del aporte de N a través del uso de la fijación biológica de N resulta en prácticas agrícolas que son económicamente viables y ambientalmente prudentes.

Los proyectos globales del CIFN sobre el uso de la fijación biológica de N para el desarrollo de la agricultura sostenible incluyen la generación de cepas de *Rhizobium* modificadas genéticamente, con mejores capacidades simbióticas que pueden ser utilizadas como inoculantes para cultivos de leguminosas; la promoción del crecimiento de cultivos como maíz, café y caña de azúcar asociados con fijadores de N endófitos, y la generación de germoplasma modificado de cultivos importantes con mejores rendimientos o composición nutricional.

Como resultado de la investigación en nuestra entidad, el CIFN-UNAM ha firmado dos convenios de licenciamiento de tecnología para la producción de biofertilizantes con la compañía Asesoría Integral Agropecuaria y Administrativa (Asia). Estos biofertilizantes están constituidos por microorganismos fijadores de N que son benéficos para cultivos agrícolas, ya que promueven el crecimiento y la nutrición vegetal. Los biofertilizantes son una alternativa a los fertilizantes químicos, que representan uno de los mayores insumos agrícolas. La producción y el uso de fertilizantes químicos se han incrementado enormemente en las últimas décadas, sobre todo en los países desarrollados, lo cual ha resultado en serios daños a la ecología del planeta. Uno de los biofertilizantes desarrollados en el CIFN es con base en la bacteria *Azospirillum*, la cual promueve el crecimiento radicular e incrementa el rendimiento de cultivos de cereales, de ornamentales y otros. El otro biofertilizante está constituido por cepas de *Rhizobium etli* con alta capacidad de fijación biológica de N, y se utiliza en cultivos de frijol. El uso de estos biofertilizantes permitirá reducir de manera importante los insumos de los agricultores mexicanos, manteniendo buenos rendi-

mientos de los cultivos como resultado de su interacción con los microorganismos presentes.

Los investigadores de este centro tenemos la plena convicción de que la investigación y la docencia son inseparables, y participamos de manera comprometida en actividades docentes y de formación de recursos humanos para la investigación. La infraestructura del CIFN provee una situación idónea para el proceso de enseñanza-aprendizaje, al estrechar la relación entre la investigación y la docencia. El CIFN participó en el programa de licenciatura, maestría y doctorado en Investigación Biomédica Básica, convirtiéndose en el primer programa multisede (Instituto de Investigaciones Biomédicas y CIFN). Éste fue un programa innovador, creado específicamente para la formación de investigadores desde la licenciatura. El actual programa de posgrado del centro, derivado del original, es el doctorado en ciencias biomédicas; en él participan otras seis entidades académicas de la UNAM. El programa está orientado hacia la formación de investigadores en diferentes áreas de las ciencias biomédicas. En el CIFN los estudiantes adquieren su formación en áreas de biología molecular y de ciencias genómicas. La población estudiantil del centro también incluye a estudiantes de últimos años o tesis de licenciaturas afines que desean empezar su carrera en investigación. Asimismo, los investigadores del CIFN participan activamente en el programa de entrenamiento de posdoctorales internacionales.

Recientemente, investigadores de este centro y del Instituto de Biotecnología tomamos la responsabilidad de contribuir a la formación de los recursos humanos expertos en ciencias genómicas que el país necesita. En agosto se echó a andar la nueva licenciatura en ciencias genómicas en aulas construidas *ex profeso* en terrenos del CIFN. Se trata de un proyecto docente innovador, ya que es la octava licenciatura de su tipo en el mundo y la primera en Latinoamérica. ☉

LA LICENCIATURA EN CIENCIAS GENÓMICAS

David Romero Camarena*



¿QUÉ SON LAS CIENCIAS GENÓMICAS?

Durante los últimos ocho años se ha gestado una verdadera revolución en las ciencias biológicas. El año de 1995 marca la fecha de publicación de la secuencia completa del material genético (genoma) de un organismo vivo, la bacteria *Haemophilus influenzae*. Este logro, sin lugar a dudas toral en la historia de las ciencias biológicas, fue alcanzado gracias a la confluencia de científicos laborando en las disciplinas de la biología molecular, la computación y las matemáticas. Este enfoque interdisciplinario, de por sí llamativo, es aún más notable debido a la necesidad de trabajo en colaboración, requerimiento de trabajos de esta magnitud.

Afortunadamente, esta experiencia de trabajo interdisciplinario y colaborativo no ha sido única. Ac-

tualmente se cuenta con la secuencia completa del genoma de más de 140 organismos, desde las bacterias hasta el hombre. Adicionalmente, contando tanto esfuerzos públicos como del sector privado, existen proyectos para la secuenciación del genoma de 300 organismos más.

Esta asombrosa cantidad de información ha requerido el desarrollo de metodologías en bioinformática para organizar, decodificar, asignar funciones de diversa índole a segmentos de genoma, así como para, empleando técnicas de comparación, extraer nuevo conocimiento. Esta capacidad expandida para visualizar el archivo genómico de un organismo ha impulsado el desarrollo de nuevos enfoques de alta capacidad para identificar, de manera cuantitativa, qué genes están siendo expresados como ARN en un momento dado (el transcriptoma), qué proteínas se están expresando (el proteoma) y qué metabolitos se encuentran en la célula (el metaboloma). Estos esfuerzos se complementan con otros donde se pretende alterar funciones de muchos genes a la vez. Las estrategias reseñadas,

* Investigador titular C, investigador nacional nivel II, coordinador de la licenciatura en ciencias genómicas. Tiene más de 30 publicaciones y es experto en recombinación genética y rearrreglos genómicos en bacterias

en conjunto con el cuerpo de conocimientos de bioquímica, biología molecular, genética y bioestructura, así como aquéllas desarrolladas por la bioinformática y las matemáticas, se conocen actualmente como ciencias genómicas.

Estos desarrollos están cambiando la faz de la biología. En el ambiente de investigación es ahora necesario para un biólogo moderno el manejar enfoques que combinan el dominio no solo de su propio ámbito (como la bioquímica y la biología molecular) sino de campos tradicionalmente –pero equivocadamente– ajenos, como las ciencias de la computación y las matemáticas. Este cambio de perspectiva tiene ya un profundo impacto en la investigación biológica.

El potencial de estos enfoques se extiende también al ámbito del profesionista en diferentes áreas, incluyendo la médica (con la llamada medicina genómica), la veterinaria (con nuevos enfoques en genética animal), las ciencias agrícolas, el área industrial (con la ingeniería metabólica y la farmacogenómica) así como en el área ambiental (con nuevos enfoques que ayuden a la conservación de la biodiversidad). Adicionalmente a las mencionadas, las ciencias genómicas comienzan a tener aplicaciones importantes en las áreas legal (con nuevas metodologías forenses y la necesidad de una reglamentación clara), antropológica (metodologías para estudiar origen y relaciones de parentesco de restos óseos de humanos, animales y vegetales) e inclusive social (con las nuevas perspectivas generadas por la aplicación de estas metodologías, tanto desde un punto de vista social como ético).

LA UNAM Y LAS CIENCIAS GENÓMICAS

Los universitarios no estamos ajenos a esta revolución científica. Desde hace varios años existen esfuerzos, iniciados en el Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno y en el Instituto de Biotecnología, ambos en la ciudad de Cuernavaca, Morelos, para insertarse en la era genómica. Dentro de ellos, vale la pena mencionar el proyecto genómico de la bacteria *Rhizobium etli*, pionero en México, la genómica funcional bacteriana (incluyendo estudios de transcriptoma y proteoma) y la genómica funcional de la planta de frijol. A estos esfuerzos se suman avances importantes en las áreas de bioinformática, bioestructura e ingeniería metabólica, por

mencionar unas cuantas. Asimismo, existen grupos de investigación en ciencias genómicas en la Facultad de Medicina, el Instituto de Fisiología Celular y el Instituto de Investigaciones Biomédicas. La experiencia de los investigadores universitarios ha sido importante en el consorcio promotor de la creación del Instituto Nacional de Medicina Genómica, integrado por la Secretaría de Salud, la Fundación Mexicana para la Salud, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la UNAM.

LA CREACIÓN DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS GENÓMICAS

Estos esfuerzos deben extenderse, como es natural en una institución de educación superior, hacia la formación de nuevos profesionales. Si bien esta formación se ha realizado en diferentes programas universitarios de posgrado, la sinergia producto de la interacción entre las matemáticas, la computación y las biociencias moleculares sólo se logrará en su adecuada magnitud con la formación de profesionales a nivel de licenciatura.

Por esta razón, desde junio de 2001 un grupo de investigadores del campus Cuernavaca de la UNAM comenzó a trabajar en la integración de un programa de licenciatura, radicalmente nuevo, orientado hacia las ciencias genómicas. Este grupo estuvo conformado por investigadores del Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno, del Instituto de Biotecnología y de la Unidad Cuernavaca del Instituto de Matemáticas, con la colaboración de profesores del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (campus Morelos).

El trabajo de este grupo, así como la propuesta de creación de la licenciatura que emanó de él, se apoya en las modificaciones a los artículos 8 y 9 del estatuto general, aprobadas por el H. Consejo Universitario en su sesión del 1 de abril de 2002, las cuales permiten la impartición de estudios de licenciatura por los institutos y centros ubicados en campus foráneos, siempre que correspondan, como es el caso de las ciencias genómicas, a nuevos campos de conocimiento y su impartición exija la concurrencia de dos o más disciplinas.

La creación de la licenciatura en ciencias genómicas fue aprobada por el H. Consejo Universitario el 20 de junio de 2003 e inició sus actividades el 18 de agosto de 2003, con un grupo de 28 estudiantes. Con este programa, la UNAM se convierte en la octava institución a nivel mundial, y la primera en Latinoamérica, en ofre-

cer un programa a nivel licenciatura orientado hacia las ciencias genómicas (fig. 1).

INSTITUCIÓN	NOMBRE DEL PROGRAMA	AÑO DE CREACIÓN
Universidad Nacional Autónoma de México	Licenciatura en Ciencias Genómicas	2003
Bielefeld University (Alemania)	B.S. in Bioinformatics and Genome Research	2002
Wesleyan University	Undergraduate Certificate Program in integrative Genomic Sciences	2002
University of California Santa Cruz (E.E.U.U.)	B.S. in Bioinformatics	2002
Rensselaer Polytechnic Institute (E.E.U.U.)	B.S. in Bioinformatics and molecular Biology	2001
Carnegie Mellon (E.E.U.U.)	B.S. in Biological Sciences/Computer Science track	2000
University of Pennsylvania (E.E.U.U.)	B.S. in Computational Biology	1998
University of the Sciences Philadelphia (E.E.U.U.)	B.S. in Bioinformatics	1998

Fig. 1. Programas de licenciatura orientados a las ciencias genómicas

La licenciatura se imparte en Cuernavaca, Morelos, y las entidades académicas responsables son el CIFI y el Instituto de Biotecnología, con la participación del Centro de Ciencias Físicas, la Facultad de Medicina, el Instituto de Fisiología Celular, el Instituto de Investigaciones Biomédicas y el Instituto de Matemáticas como entidades académicas asesoras.

PLAN DE ESTUDIOS E INSTALACIONES
DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS GENÓMICAS

Ésta es una carrera orientada hacia la formación en las ciencias genómicas, con miras a su incorporación en la investigación científica o en actividades profesionales. Los egresados combinarán conocimientos en las áreas de las biociencias moleculares, con la computación y las matemáticas.

Entre las actividades del egresado destacan las actividades profesionales, la investigación y la docencia en el área de las ciencias genómicas. Su labor profesional influirá en la población en ámbitos muy diversos (como la medicina, la veterinaria, las ciencias agrícolas, la industria, particularmente la farmacéutica, y el área ambiental) tanto a través del resultado de investigaciones en que participe como en actividades profesionales en los ámbitos mencionados. El egresado de la licenciatura en ciencias genómicas contará no sólo con los elementos académicos que le permitan, si así lo desea, continuar con estudios de posgrado para desenvolverse de manera independiente en el ámbito de

investigación, sino también con elementos que le abran la posibilidad de incorporarse al aparato productivo o a la docencia especializada.

El plan de estudios (fig. 2) consta de dos etapas, la básica (conformada por 34 asignaturas) y la profesional (conformada por al menos cuatro asignaturas). La etapa básica comprende los primeros siete semestres; las asignaturas correspondientes a esta etapa se han agrupado en cinco ejes temáticos. Los ejes temáticos de biología genómica y evolución (con las asignaturas de biología genómica y evolución I a VI) y genómica funcional (con química y biofísica de macromoléculas I y II y genómica funcional I a V) pretenden proporcionar una visión de la biología molecular actual empleando como hilo conductor los elementos actuales de las ciencias genómicas, vistos desde un punto de vista evolutivo. Los ejes temáticos de computación (con las asignaturas de principios de programación, estadística I a III y computación I a III) y matemáticas (con matemáticas I a V, una asignatura de bases de datos, así como una de inteligencia artificial), concentran los conocimientos matemáticos y computacionales orientados a las ciencias genómicas. La formación científica crítica del estudiante se complementa con un eje crítico-formativo que comprende las asignaturas de seminario y trabajo de investigación I a VII. En ellas se plantea hacer una revisión crítica de los avances y limitaciones

Ejes Temáticos	Biología genómica y Evolución	Genómica Funcional	Computación	Matemáticas	Crítico formativo
Etapa básica	1 Biología genómica y Evolución I	Química y Biofísica de Macromoléculas I	Principios de programación	Matemáticas I	Seminario de trabajo de investigación I
	2 Biología genómica y Evolución II	Química y Biofísica de Macromoléculas II	Estadística I	Matemáticas II	Seminario de trabajo de investigación II
	3 Biología genómica y Evolución III	Genómica Funcional I	Estadística II	Matemáticas III	Seminario de trabajo de investigación III
	4 Biología genómica y Evolución IV	Genómica Funcional II	Estadística III	Matemáticas IV	Seminario de trabajo de investigación IV
	5 Biología genómica y Evolución V	Genómica Funcional III	Computación I	Matemáticas V	Seminario de trabajo de investigación V
	6 Biología genómica y Evolución VI	Genómica Funcional IV	Computación II	Bases de datos	Seminario de trabajo de investigación VI
	7	Genómica Funcional V	Computación III	Inteligencia artificial	Seminario de trabajo de investigación VII
Etapa profesional	8	Optativa(s)			Área de concentración I
	9				Área de concentración II

Fig. 2. Plan de estudios de la licenciatura en ciencias genómicas (UNAM).

del área, incluyendo aspectos éticos y sociales, tanto a través de discusiones con los profesores e investigadores de la licenciatura como con invitados nacionales e internacionales. Las asignaturas correspondientes a esta etapa son obligatorias y, en su mayoría, se encuentran seriadas.

Una vez concluida la etapa básica, los alumnos deberán continuar con la etapa profesional, la cual comprende los semestres octavo y noveno del plan. En esta etapa, los conocimientos previamente adquiridos le permitirán al estudiante el profundizar y especializarse en un área profesional de su elección, a través de la selección de áreas de concentración, cuyas actividades comprenderán dos semestres. Éstas estarán compuestas por las actividades, tanto teóricas como de investigación, que se desarrollarán en la modalidad de talleres bajo la coordinación de un tutor seleccionado de las nueve áreas de concentración propuestas (genómica computacional, genómica evolutiva, genómica funcional, medicina genómica, genómica industrial, genómica agropecuaria, genómica ambiental, genómica antropológica y genómica legal). La formación más especializada del alumno se complementará con cursos optativos, los cuales se propondrán al menos dos por cada área de concentración. La selección de los cursos optativos por los alumnos será libre. Las asignaturas optativas deberán cubrir un total de 40 créditos como mínimo.

Es preferible que los aspirantes a esta nueva licenciatura completen su bachillerato en el área de las ciencias biológicas y de la salud o en la de las cien-



cias físico-matemáticas. Los estudiantes ingresan por pase reglamentado o concurso a cualquier carrera, preferentemente en las áreas mencionadas que ofrece la UNAM, para, posteriormente, realizar el cambio de carrera, toda vez que aprueben una selección realizada por el subcomité de admisión de la licenciatura. El ingreso de alumnos a esta licenciatura estará limitado a 40 estudiantes por generación anual.

Otra de las características novedosas que tiene esta licenciatura es su amplia interacción con centros de investigación internacionales. Es por ello que las nuevas instalaciones destinadas a esta carrera cuentan con salas de videoconferencia interactiva (fig. 3) que permitirán a los alumnos compartir conocimientos, experiencia y resultados con científicos de todo el mundo. Cada alumno contará con su propia terminal de cómputo y tendrá acceso a los laboratorios, invernaderos, auditorios y biblioteca de las entidades responsables. Para mayor información, puede consultarse la página de internet de la licenciatura (<http://www.lcg.unam.mx>).

Con la creación de esta licenciatura, la UNAM reafirma su liderazgo en la formación de nuevos profesionales en áreas emergentes y de gran futuro. *

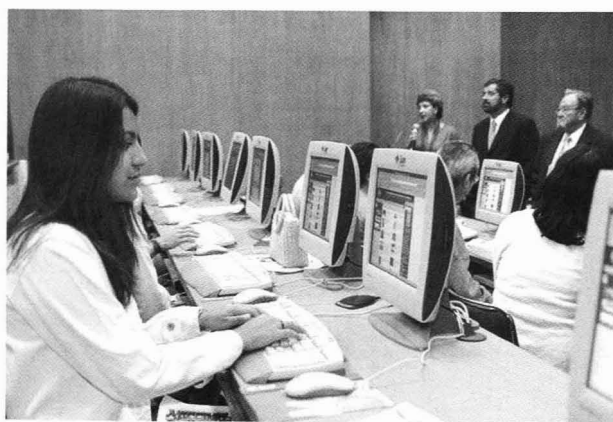
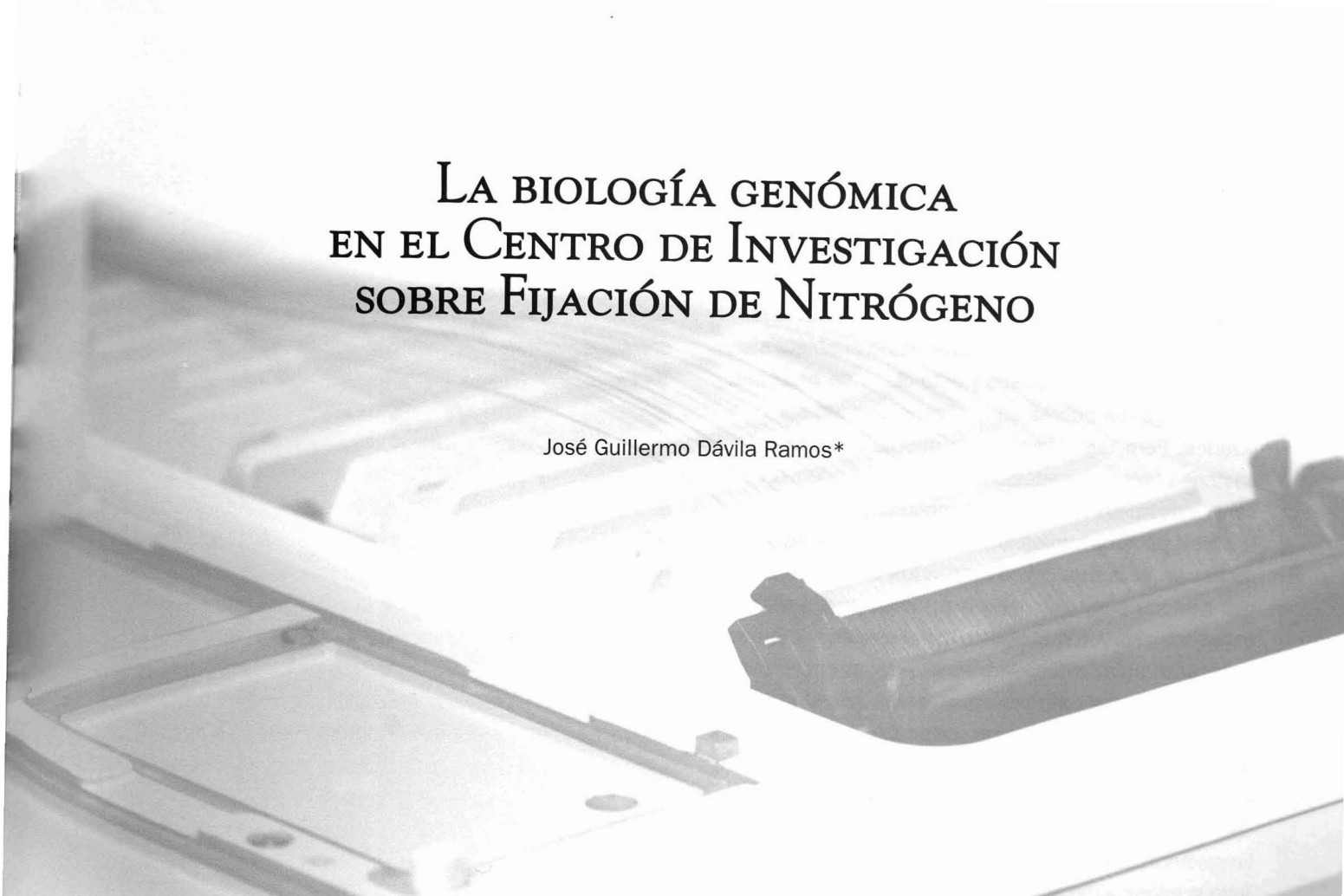


fig.3. Una de las aulas de videoconferencia y cómputo de la licenciatura en ciencias genómicas



LA BIOLOGÍA GENÓMICA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN SOBRE FIJACIÓN DE NITRÓGENO

José Guillermo Dávila Ramos*

EL SISTEMA BIOLÓGICO

Una agronomía menos perjudicial para los sistemas ecológicos parece ser una contradicción de términos ante una humanidad que necesita más alimentos, producidos más rápido y a menores costos. Es decir: en tanto que un cultivo natural aprovecha la diversidad propia de una especie, el cultivo artificial —la agricultura— la elimina al emplear monocultivos (sin diversidad). Mientras que el primero contiente con las adversidades climáticas y bióticas, acelerando o alentando sus ciclos reproductivos, nosotros eliminamos toda competencia con herbicidas, matamos cualesquiera de sus enemigos con plaguicidas y aceleramos su crecimiento usando fertilizantes, con el único fin de incrementar el rendimiento.

El problema radica en que el uso indiscriminado de estos compuestos altera el equilibrio ecológico nativo, precio pagado por el medio ambiente. En tanto que el

problema es cada vez más evidente, hasta el momento no ha surgido una solución integral.

Si nos enfocamos en el uso de fertilizantes, tal vez podríamos buscar la manera de nutrir estos cultivos con una mayor eficacia, es decir, sin que falte ni se desperdicie el fertilizante. Afortunadamente existen asociaciones naturales entre algunas plantas y microorganismos del entorno. De entre estas asociaciones, una de las mejor estudiadas es la simbiosis que realizan las plantas leguminosas con bacterias del suelo. Los microsimbiontes, bacterias del grupo de los rizobiales, interaccionan con las raíces de la planta (el macrosimbionte) penetrándolas y estableciéndose en una estructura globular, elaborada por la planta, llamada nódulo. En el interior de estos nódulos ocurre un intercambio de nutrientes; la planta le suministra a las bacterias compuestos hidrocarbonatos ricos en energía elaborados en la fotosíntesis, en tanto que las bacterias retribuyen este presente de carbono con nitrógeno.

Estas bacterias son capaces de captar el nitrógeno atmosférico (N_2 o $N \gg aN$), que es muy abundante pero

* Investigador del CINF

no asimilable por los vegetales, y reducirlo químicamente para formar amoníaco (NH_3), que sí es utilizado por las plantas. El proceso, conocido como "fijación biológica del nitrógeno (FBN)", sólo ha sido descrito en organismos procarióticos (bacterias y archaeobacterias). Como consecuencia de esta asociación simbiótica entre las plantas leguminosas y esta clase de bacterias, suelos vírgenes pobres en nitrógeno pueden ser colonizados. Pero también es claro que cultivos de estas bacterias (seleccionadas o mejoradas) pueden ser desarrollados para usarse como inoculantes o fertilizantes biológicos naturales.

Las limitaciones más importantes del sistema son que no toda planta de interés agrícola puede realizar esta simbiosis y que la eficiencia del proceso no produce altos rendimientos. Del intento de mejorar la eficiencia de la FBN del microsimbionte y de extender el rango de plantas con las que pueda asociarse, se desprenden las dos líneas generales de investigación en el área.

EL GENOMA DE LOS PROTAGONISTAS

Toda la información que define a un ser vivo, estipulando sus capacidades de desarrollo adaptación y reproducción, está contenida en su genoma. Cualquier especie del planeta, pasada o presente, se caracteriza por un genoma *sui generis* diferente en contenido, extensión, organización, historia y contexto.

El genoma es ADN. El ADN es una cadena (polímero) cuyos peldaños están formados por cuatro nucleótidos o bases, representados por las letras A, T, G y C. La sucesión de estos nucleótidos es precisa para cualquier región del ADN, determinando el código primario de la cadena. Obtener el genoma de un organismo implica establecer la secuencia de bases del total de su ADN. Por tamaño, el rango de los genomas varía desde poco más de medio millón de bases (0.5 mega bases, Mb) para algunas bacterias parásitas, hasta muchos miles de Mb (en algunas plantas coníferas).

El primer genoma secuenciado fue el de una bacteria patógena (*Haemophilus influenzae*).¹ Desde entonces, cerca de 200 secuencias genómicas han sido publicadas, incluyendo la del genoma humano, de más de tres mil Mb.² Dada la impresionante cantidad de información que se genera por la secuencia misma, su

catálogo, caracterización y clasificación son almacenados en bases de datos. Asimismo, los sistemas de análisis globales se realizan con programas de cómputo, generados recientemente, que son actualizados y mejorados, lo que da lugar a una nueva disciplina de la computación conocida como bioinformática genómica.

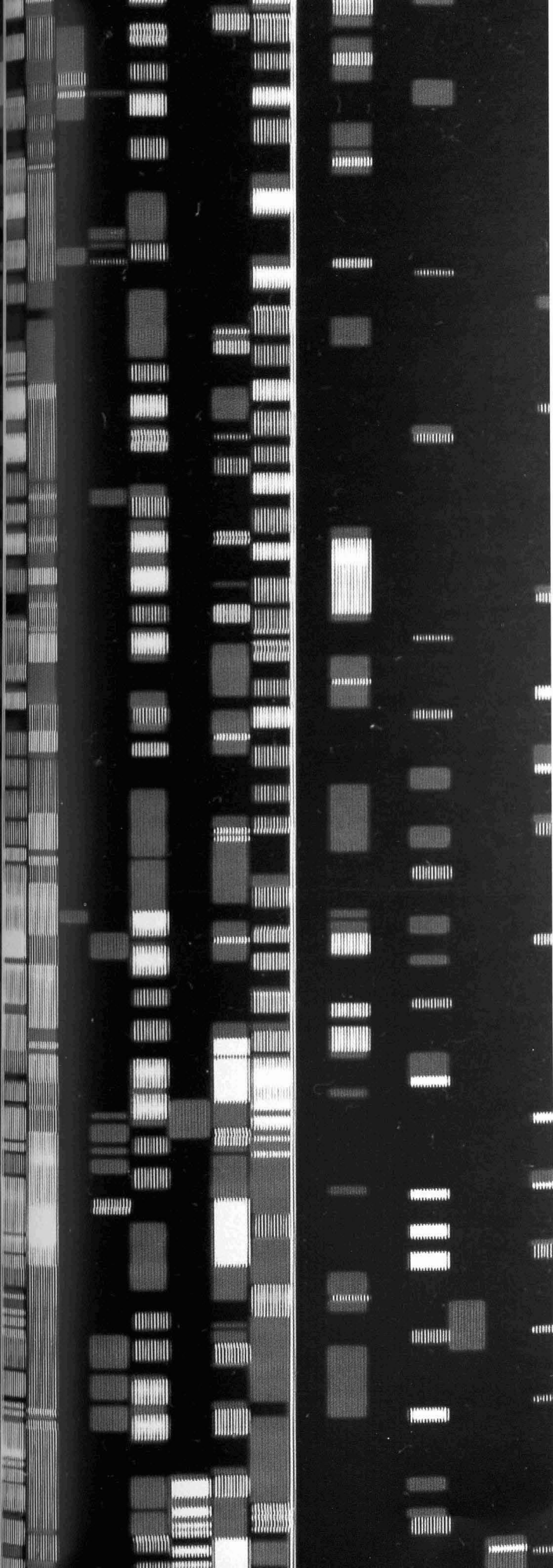
En nuestro país, la investigación sobre genomas se ha concentrado principalmente en la fase de análisis postsecuencia, en tanto que los proyectos de secuenciación genómica son emergentes. El proyecto "El desarrollo de las ciencias genómicas en México" propuesto por CICYT y apoyado por el Conacyt y la UNAM es, a mi entender, el primer proyecto nacional que pretende cubrir todos los aspectos de las ciencias genómicas, desde la obtención de la secuencia hasta su análisis funcional y evolutivo. El modelo biológico seleccionado fue el de la bacteria *Rhizobium etli*. Esta bacteria produce nódulos fijadores de nitrógeno que se asocian específicamente con las raíces del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). La planta es originaria de América, donde se diversificó y domesticó, por lo que es de esperarse que nuestros suelos cuenten con la población de *Rhizobium etli* con la mayor poza genética.

EL GENOMA DEL MICROSIMBIONTE

Rhizobium etli es una bacteria gram-negativa del suelo, móvil con forma de bacilo; sin embargo, lo que permite distinguirla del resto de las bacterias del entorno es su capacidad de invadir las raíces del frijol para formar nódulos fijadores de nitrógeno.

El genoma de *Rhizobium etli* está constituido por varias moléculas de ADN circular (replicones) que se duplican (replican) dentro de la célula de manera independiente. En general el replicón de mayor tamaño es el cromosoma, definido por contener la información de los genes necesarios para el mantenimiento celular. Los replicones restantes, denominados plásmidos, varían en número, contenido y tamaño.

Rhizobium etli CFN42 es la cepa tipo de la especie; tiene un cromosoma de alrededor 4.3 Mb y seis plásmidos nombrados de p42a a p42f, con tamaños que varían entre 180 y 600 kilobases (kb). El plásmido p42d de 371 kb contiene la mayor parte de la información indispensable para nodular y fijar nitrógeno en frijol (genes *nod*, *nif* y *fix*) por lo que se conoce como



plásmido simbiótico o pSim. El p42d ha sido estudiado en nuestro laboratorio desde principios de los noventa; de él determinamos su estructura, mapa físico, caracterizado sus genes simbióticos y determinado su plasticidad.³ En 1996 iniciamos el proyecto para la obtención de la secuencia completa de su ADN, que fue hecha pública en el 2002.⁴

EL PROYECTO GENÓMICO DE *RHIZOBIUM ETLI*

En el 2000 adquirimos el primer secuenciador automático de ADN de tercera generación. Con él iniciamos el proyecto para la obtención del genoma completo de *Rhizobium etli* CFN42 por secuenciación de fragmentos al azar. Organizamos nuestro laboratorio para preparar las más de 50 mil muestras de secuencia necesarias para lograr una cobertura de ocho veces. Se elaboraron dos tipos distintos de librerías genómicas: la primera, donde se clonan fragmentos muy grandes de ADN (ente cien y 200 kb) utilizando un vehículo especial llamado BAC (por sus siglas en ingles: Bacterial Artificial Chromosomes), que nos permite mantener y propagar las clonas independientes de la librería en células de *E. coli*, y la segunda, también con fragmentados al azar de segmentos más pequeños, con un tamaño promedio de 3.5 kb. La primera librería nos sirve en la elaboración de mapas generales tanto del cromosoma como de los dos plásmidos de mayor tamaño (p42e y p42f); con tal propósito se secuencian las regiones de los extremos del inserto de cada BAC. La segunda librería se usó para el proyecto de secuencia propiamente dicho.

La adquisición por parte de nuestra universidad de un segundo secuenciador de alto rendimiento a principios del presente año, aunado a la optimización de nuestros protocolos de preparación de muestras y reacciones de secuencia y la experiencia adquirida –durante el proyecto del plásmido simbiótico– para el ensamble en regiones contiguas (CONTIGS) de las clonas secuenciadas, nos permitió terminar la secuencia de los cinco plásmidos restantes en junio y alcanzar las ocho veces de cobertura requerida para el resto del genoma en el mes de agosto. El 12 de septiembre del presente año concluimos el ensamble final del cromosoma de esta bacteria. Éste es, a mi entender, el primer genoma completo de un organismo realizado por entero en nuestro país.

PERSPECTIVAS GENÓMICAS POSTSECUENCIA

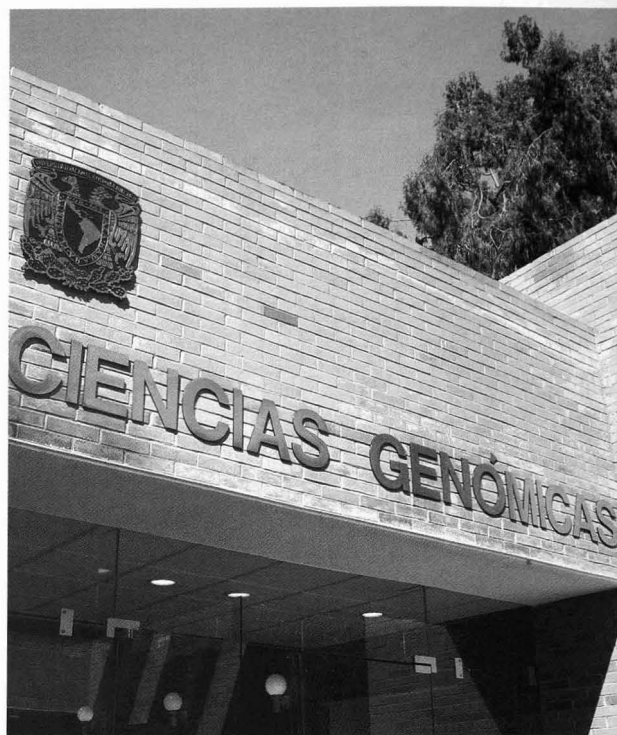
Una vez conseguido un ensamble final, es decir, un **CONTIG** cerrado para cada uno de los siete replicones del genoma de la cepa **CFN42**, se da inicio a las fases de refinamiento y análisis de la secuencia obtenida.

El refinamiento es el proceso que nos permite elevar la calidad y confiabilidad de la secuencia obtenida. A este respecto, los estándares internacionalmente aceptados demandan que no exista más de un error por cada diez mil bases de secuencia reportada, para así lograr resultados más precisos de los programas de búsqueda de regiones codificantes (**ORF's**), o de los utilizados para comparar nuestras secuencias. La asignación de genes y funciones para cada **ORF** da inicio al proceso de anotación del genoma con el que se pretende elaborar un listado de todo gen, real o putativo, de su tamaño, composición y función, y de todo sitio regulatorio relevante (promotores, terminadores, operadores, etcétera). Para cada elemento del listado se estipula una localización precisa de las coordenadas de la primera y última base del elemento. Por su misma naturaleza, el proceso de anotación tiene un principio pero no un fin, ya que es frecuente su actualización y corrección.

Un genoma anotado nos permite hacer un análisis de la expresión de la totalidad de sus genes, es decir, cuáles, cuántos y a qué nivel son copiados (transcritos) en moléculas de **ARN mensajero**; la metodología se conoce con el nombre de transcriptoma.

De igual forma, si lo que necesitamos es determinar la expresión global de las proteínas de un organismo, el genoma anotado nos permite predecir el tamaño, su secuencia de aminoácidos, el peso molecular exacto del polipéptido y su carga eléctrica (punto isoeléctrico). Con estos datos establecemos qué gen codifica para qué polipéptido y asignarle una posible función. En su conjunto, estas técnicas son conocidas como proteoma.

Por último, el genoma anotado nos permite hacer clasificaciones precisas del organismo y proponer hipótesis sobre su origen y tipo de evolución. ☼



NOTAS

- ¹ R. D. Fleishman *et al.*, "Whole genome random sequencing and assembly of *Haemophilus influenzae*", *Rd. Science*, núm. 269, 1995, págs. 496-512.
- ² E. S. Lander *et al.*, "Initial sequencing and analysis of the human genome", *Nature*, núm. 15, 2001, págs. 860-921; J. C. Venter *et al.*, "The sequence of the human genome", *Science*, núm. 291, 2001, págs. 1304-1351.
- ³ M. L. Girard *et al.*, "Structural complexity of the symbiotic plasmid of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*", *J. Bacteriol.*, núm. 173, 1991, págs. 2411-2419; D. Romero *et al.*, "Amplification and deletion of a *nod-nif* region in the symbiotic plasmid of *R. phaseoli*", *J. Bacteriol.*, núm. 173, 1991, págs. 2435-2441; A. García-de los Santos, S. Brom, S. y D. Romero, "Rhizobium plasmids in bacteria-legume interactions", *World J. Microbiol. Biotechnol.*, núm. 12, 1996, págs. 119-125.
- ⁴ V. González *et al.*, "The mosaic structure of the symbiotic plasmid of *Rhizobium etli* **CFN42** and its relation to other symbiotic genome compartments", *Genome Biol.*, núm. 4, 2003, rev. 36.



EL INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA

Mauricio Hernández-Ávila*
Fernando Meneses-González**
Carlos Oropeza-Abúndez***

LOS INICIOS Y SU DESARROLLO

En la década de los ochenta, el proceso de desarrollo de las instituciones de salud en México tenía frente a sí grandes retos:

a) Un complejo proceso de transición epidemiológica caracterizado por la persistencia de problemas de tipo infeccioso; la reaparición de padecimientos que se creían superados como el paludismo y el dengue; la emergencia de nuevas enfermedades como el sida y el aumento de accidentes en áreas urbanas, así como de trastornos mentales y padecimientos crónico-degenerativos asociados con el proceso de -envejecimiento poblacional y los cambios en estilo de vida.

b) Una cobertura incompleta de los servicios de atención primaria a la salud.

c) El inicio de una nueva reforma dirigida a transformar el sector salud en un sistema más equitativo, efectivo y eficiente.¹

* Director del Centro de Investigación en Salud Poblacional (cisp)

** Subdirector académico del cisp

*** Subdirector de Comunicación Científica y Publicaciones

Para corresponder exitosamente a estos retos, el sistema de salud requería de capital humano que contara con un bagaje de conocimientos en salud pública, entendido esto como el conjunto de conocimientos sobre las teorías epidemiológica, administrativa, económica, política y social, entrenado en la organización y la dirección de los servicios de salud, y con capacidades para abordar de forma integral a la salud colectiva bajo las nuevas teorías y conceptos sobre la organización y gestión de los sistemas de salud. Asimismo, en este proceso de construcción de la nueva salud pública, la investigación científica y la formación de recursos humanos se convertirían en instrumentos básicos para apoyar el cambio estructural.

Dentro de este marco, hacia 1986, en el seno del entonces Centro de Investigaciones en Salud Pública (CISP), se gestó la idea de crear una nueva instancia que retomara los tópicos fundamentales que el CISP había estudiado, como la transición epidemiológica, la calidad de la atención, la supervivencia infantil, la efectividad de la atención primaria y los determinantes del empleo médico; que llevara a cabo un innovador programa de administración de servicios de salud y desarrollara programas para la formación de recursos humanos en las áreas de la salud pública.

El CISP comenzó a trabajar en la propuesta, con la idea de desarrollar un sólido nicho institucional para la salud pública. Bajo este esquema se buscó la colaboración de la Escuela de Salud Pública de México (ESPM) —creada desde 1922—, con miras a integrar una sola instancia académica, donde se combinara lo mejor de una larga tradición docente con los nuevos enfoques de investigación que surgían como parte de la nueva salud pública.

En esa época, el sector salud contaba con otros centros dedicados a investigación básica, cuyos resultados tenían también aplicación poblacional como insumos para acciones de salud pública. Ante ello, y con el reconocimiento del carácter multidisciplinario, se decidió integrar, dentro de la propuesta de fusión, al Centro de Investigaciones sobre Enfermedades Infecciosas (CISEI), que se fundó, al igual que el CISP, en 1984, con el objetivo de contribuir al control de las principales enfermedades infecciosas.

Así, mediante decreto presidencial del 26 de enero de 1987, nació el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP)

como un organismo público descentralizado, formado por tres unidades académicas: el CISP, la ESPM y el CISEI. Con ello se daría mejor cumplimiento a las funciones sustantivas de investigación y docencia en salud pública, a la vez que se compartiría una infraestructura común de apoyo metodológico, técnico y administrativo.²

El INSP tendría como objetivo ser una institución de investigación y docencia donde se recogieran las experiencias de las tres instituciones fusionadas, reorientando su acción hacia los problemas de salud prioritarios, con la perspectiva de ofrecer una enseñanza de vanguardia, llevar a cabo investigación de calidad y pertinencia para la situación de salud del país, así como de las reformas que el Sistema Nacional de Salud estaba emprendiendo. Desde su constitución, el INSP delineó su misión institucional: elevar los niveles de salud de la población a través de la producción, reproducción, difusión y utilización del conocimiento científico, para lo cual desarrolla programas de formación y desarrollo de recursos humanos y de educación continua en los campos de la salud pública.

Para fortalecer sus actividades y reconocer a la salud pública como una actividad prioritaria del sector salud, el INSP se fundó al mismo nivel que el de los reconocidos institutos nacionales de salud creados en los años cuarenta, los cuales desde entonces habían establecido su nivel de excelencia en las diferentes especialidades médicas que abarcan.

En sus primeros cuatro años, el INSP revisó y modernizó sus programas docentes, abrió nuevas áreas de investigación y enseñanza, reclutó a investigadores jóvenes —que de otro modo no habrían encontrado un nicho de desarrollo académico en México—, y avanzó en el difícil proceso de desarrollo institucional, al mismo tiempo que inició la construcción de sus instalaciones en la ciudad de Cuernavaca, Morelos, inauguradas el 24 de enero de 1991.

Durante 1994 se inició un nuevo proceso de reingeniería organizacional en el INSP, con el fin de mantener su misión actualizada y responder a los cambios que la situación del país había generado en los últimos años, pero siempre manteniendo una visión holística de los problemas prioritarios de salud, donde el abordaje multidisciplinario fuera el eje central de acción.³

Con esto se otorgó una mayor jerarquía a cada uno de los centros que lo constituían, a los que se integró el Centro de Investigación en Paludismo (CIP), localizado en la ciudad de Tapachula, Chiapas. En esta reestructuración, el anterior Centro de Investigaciones en Salud Pública cambió su nombre y orientación para dar origen al actual CISP, dedicado al estudio de la salud en poblaciones humanas. Sus áreas de trabajo combinaban algunas, como epidemiología y nutrición, con otras de renovado impulso dirigidas por los grupos de investigación más activos en las áreas de la demografía y salud ambiental. Por otro lado, ya reconocido como centro colaborador en salud ambiental por la Organización Mundial de la Salud (OMS), el CISP incorporó al Centro Nacional de Salud Ambiental (CENSA), lo que reforzó sus actividades de investigación e intervención en esta área.

Asimismo, se aprovechó el desarrollo de diferentes áreas de investigación, tanto de la ESPM como del CISP, para crear dos centros más: el de Sistemas de Salud (CISS) y el de Nutrición y Salud (CINYS). Ambos enfocarían sus actividades hacia dos áreas prioritarias de la salud pública, y para ello requerían de la dedicación especial de recursos humanos y presupuestales. A esa nueva estructura del INSP se integró el Centro de Información para Decisiones en Salud (CENIDS), una secretaría general y, para la mejor administración de la docencia, una secretaría académica.

Desde su origen, el INSP desarrolló un programa de publicaciones, cuyo objetivo era difundir el conocimiento científico, generado de la investigación, en el campo de la salud pública y áreas afines, con el propósito de mejorar las condiciones de la salud de la población. Su principal producto es la revista *Salud Pública de México*, una de las publicaciones latinoamericanas más importantes de su área, incluida en los principales índices internacionales y nacionales. Con 45 años de publicación ininterrumpida, la revista se publica bimestralmente y llega a instituciones de salud y educación superior de más de 20 países.

El INSP tiene, como parte de su misión, la formación de capital humano en salud pública; para ello ha desarrollado un amplio programa de formación académica que actualmente cuenta con 17 programas de posgrado, entre especializaciones, maestrías y doctorados, la

mayoría reconocidos en el Padrón de Posgrados de Excelencia de Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (cuadro 1).

El impacto que el INSP ha tenido en la formación de recursos humanos se ha visto reconocida por la ANUIES, otorgándosele el rango de institución de educación superior, así como institución asociada de la Unión de Universidades de América Latina (UDUAL).

En este sentido, el personal académico y docente del INSP realiza continuos ejercicios de planeación estratégica para revisar las líneas de investigación y acción que conducen la actividad institucional y que se encuentran en concordancia con el Plan Nacional de Desarrollo y el Programa Nacional de Salud. Como resultado de estos ejercicios, el instituto trabaja

Cuadro 1
PROGRAMAS DE POSGRADO DEL INSP, 2003

Doctorado en ciencias de la salud pública, con:

Área de concentración en sistemas de salud
Área de concentración en epidemiología
Área de concentración en enfermedades infecciosas

Maestría en ciencias de la salud, con:

Área de concentración en epidemiología
Área de concentración en sistemas de salud
Área de concentración en salud ambiental
Área de concentración en salud reproductiva
Área de concentración en nutrición
Área de concentración en economía de la salud
Área de concentración en enfermedades infecciosas
Área de concentración en enfermedades transmitidas por vector
Área de concentración en bioestadística

Maestría en salud pública, con:

Área de concentración en epidemiología
Área de concentración administración de salud
Área de concentración en regulación y fomento sanitario
Maestría en administración de servicios de salud*
Especialización de enfermería en salud pública*

*Sin reconocimiento del padrón de posgrados de excelencia del Conacyt

Cuadro 2

LÍNEAS ESTRATÉGICAS DE INVESTIGACIÓN DEL INSP, 2003

1. Infecciones de transmisión sexual y VIH/sida
2. Desarrollo y evaluación de vacunas
3. Factores de riesgo para el desarrollo de enfermedades crónicas
4. Mecanismo de desarrollo de resistencia en microbios patógenos
5. Enfermedades transmitidas por vectores
6. Tuberculosis
7. Nutrición y salud
8. Efectos sobre la salud por la exposición a contaminantes ambientales y riesgos ocupacionales
9. Dinámica de la morbilidad en México
10. Disponibilidad, utilización e impacto de los programas y servicios de salud
11. Dinámicas sociales, familiares e individuales y salud
12. Modelos innovadores de atención a la salud
13. Políticas, financiamiento y reforma de los sistemas de salud

actualmente sobre 13 líneas prioritarias de investigación que marcan su quehacer científico (cuadro 2).

El desarrollo de estas líneas permite al INSP realizar aportes a la salud pública nacional en diversas áreas. En éstas resaltan las de sistemas de salud, salud ambiental, nutrición, salud de la mujer, enfermedades transmitidas por vector e infecciones de transmisión sexual, así como el apoyo en el suministro de información para la toma de decisiones en salud.

En toda institución dedicada a la docencia e investigación, el capital humano para el desarrollo de sus actividades es el recurso más valioso; fortalecerlo e incrementarlo es un gran reto. Esta preocupación permanente ha permitido que el instituto tenga avances significativos en esta materia. Actualmente cuenta con

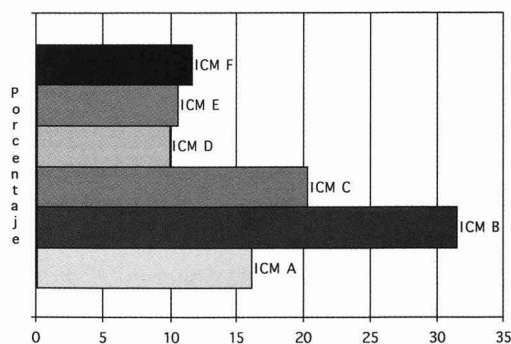
una planta de investigadores y profesores de alto nivel constituida por 172 investigadores en ciencias médicas (ICM) calificados por la coordinación de los Institutos Nacionales de Salud de la siguiente forma: 16.2 por ciento como ICM categoría A; 31.4 por ciento como ICM B; 20.3 por ciento como ICM C; 9.9 por ciento como ICM D; 10.5 por ciento como ICM E, y 11.6 por ciento como ICM F (figura 1). De todos estos, 50 por ciento forma parte del Sistema Nacional de Investigadores (SNI); nueve están calificados como candidatos, 29 en el nivel I, nueve en el nivel II y tres en el nivel III.

México y su sociedad se encuentran en un proceso de transformaciones y retos, que requieren acciones en salud efectivas. Para ello, la investigación de necesidades, prioridades y efectos en salud, así como la formación de recurso humano con la capacidad de respuesta calificada, inmediata y eficaz, es la tarea inmediata a realizar. El INSP, con la infraestructura, recurso humano y experiencia acumulada, está listo y dispuesto a contribuir en el desarrollo de esa tarea.

LOS CENTROS DE INVESTIGACIÓN

El INSP lleva a cabo sus actividades apoyando en la organización de sus seis centros de investigación.

Distribución de investigadores en ciencias médicas del INSP



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN SALUD POBLACIONAL

A principios de los ochenta se iniciaron esfuerzos para reforzar las actividades de investigación en epidemiología y salud pública. Estas actividades impulsaron la creación del actual CISP. En el momento de su fundación, el CISP concentraba la investigación en dos grandes líneas: necesidades de salud y sistemas de salud. Pero a lo largo de los años ha evolucionado, y las ha incorporado

a través de investigación en salud reproductiva, enfermedades crónicas y salud ambiental, las cuales cuentan con diversos proyectos. De esta manera, actualmente se enfoca en las siguientes vertientes:

a) Desarrollar investigación científica sobre la distribución de las enfermedades en diferentes grupos de la población.

b) Evaluar los determinantes ambientales, ocupacionales, biológicos y sociales de las enfermedades en la transición del proceso salud-enfermedad en México.

c) Generar y evaluar intervenciones destinadas a disminuir el impacto de las enfermedades.

d) Promover la formación de recursos humanos de alto nivel en las ciencias básicas de la salud pública.⁴

Para cumplir esta misión institucional, el centro ha estructurado su quehacer en cuatro grandes áreas de investigación: enfermedades crónicas, salud reproductiva, salud ambiental y evaluación de programas. Dentro de estas áreas existe una serie de áreas de investigación entre las que destacan, en cuanto a enfermedades crónicas, el estudio del virus del papiloma humano y el cáncer; la caracterización epidemiológica de neoplasias malignas, tales como cáncer de cérvix, de mama, gástrico y de pulmón; el estudio de problemas de latencia larga como la obesidad, la hipertensión arterial y la diabetes *mellitus*, y el abordaje multidisciplinario de problemas de costo social elevado, como el tabaquismo y otras adicciones. Además, se están sentando las bases para estudios a largo plazo en poblaciones vulnerables (como adolescentes y las familias que viven en pobreza de capacidades), y en campos de salud pública novedosos y promisorios, como es el caso de la epidemiología genética.

En cuanto a salud reproductiva, que actualmente representa uno de los grandes retos para la salud pública mexicana, se han establecido tres grandes áreas que se mantienen vigentes: salud de la mujer (integrando en sus propuestas de investigación el enfoque de género), la salud perinatal y, con un énfasis especial, la atención al nacimiento. En el área de salud ambiental, cuyas acciones se realizan a través del Centro de Salud Ambiental (CENSA), las áreas de investigación más destacadas son:

a) Los metales pesados, en especial con un megaproyecto de plomo y salud.

b) La investigación en toxicología, con énfasis en plaguicidas y el componente ocupacional.

c) La caracterización del agua para el consumo humano y el saneamiento básico.

d) El estudio de los contaminantes atmosféricos y su relación con la salud humana.

e) El estudio de la epidemia de asma.

La creciente necesidad de evaluar los resultados de programas sociales y de salud ha motivado al CISP a desarrollar una nueva área de trabajo en la cual se enmarca, entre otras, la evaluación del Programa de Desarrollo Humano Oportunidades.

Las actividades de investigación se complementan con un intenso trabajo docente. Los profesores investigadores del CISP coordinan e imparten los posgrados en las áreas de salud reproductiva, salud ambiental y ocupacional, epidemiología y bioestadística.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN SISTEMAS DE SALUD

La investigación y la formación de recursos humanos en sistemas de salud representa un eje para el análisis de la compleja relación entre sociedad y salud, donde la respuesta social –uno de los determinantes de las condiciones de salud– se estudia como parte o resultado de los procesos sociales, políticos y económicos del país. Los productos de investigación de este centro representan insumos que, según su complejidad, tratan de contribuir a una toma de decisiones informada.⁵

La misión del CISS, creado en 1995, es desarrollar investigación científica y formar recursos humanos de alto nivel en el campo de los sistemas de salud, con el fin de aportar conocimientos que contribuyan a mejorar la práctica de la salud pública, la calidad y eficiencia de los servicios de salud, así como la respuesta social organizada ante el proceso de salud-enfermedad de la población. El objetivo del CISS es conformar, consolidar y desarrollar las funciones de docencia, investigación y asesoría en las áreas de análisis de políticas, salud internacional, gerencia de la atención y bienestar de la comunidad, con el fin de garantizar la calidad académica, ocupar una posición de liderazgo en los ámbitos nacional e internacional, y apoyar el quehacer de las organizaciones de salud y de las propias comunidades. El CISS cuenta con tres áreas de investigación: salud comunitaria

y bienestar social, organización de sistemas de salud, y políticas de salud y planeación. Uno de los aspectos relevantes del CISS es su designación como Centro Colaborador Regional de Onusida, cuya finalidad es contribuir al fortalecimiento de la capacidad de respuesta de las organizaciones sociales y gubernamentales a la epidemia del VIH/SIDA en América latina.

El CISS contribuye al análisis de un segmento de los determinantes de la salud pública: la respuesta social. Con base en ésta integra el análisis epidemiológico al contexto social en el que se producen, y distribuyen los riesgos y daños a la salud; analiza la equidad en salud como parte de la política social gubernamental, pero también como un resultado de las condiciones socioeconómicas de los diferentes grupos sociales que conforman el país. El estudio de la organización y el funcionamiento de los servicios públicos y privados de salud, y su relación con los problemas de utilización, acceso y calidad, representa uno de los ejes para el desarrollo de estrategias innovadoras en este campo. Asimismo, la consolidación de sus funciones de docencia permite fortalecer el desarrollo de una masa crítica, en el país y en América latina, para el análisis y la dirección de los servicios de salud. El desarrollo de actividades de asesoría permite vincular la investigación científica con la toma de decisiones y, de esta forma, apoyar el quehacer de las instituciones de salud y de las propias comunidades.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN SOBRE ENFERMEDADES INFECCIOSAS

El CISEI tiene como misión el estudio integral de padecimientos infecciosos prioritarios para la salud pública del país. Este enfoque comprende tanto la investigación de las bases moleculares de la relación hospedero-parásito, como los estudios epidemiológicos, clínicos y de campo de las enfermedades infecciosas. Adicionalmente trabaja, mediante ensayos poblacionales, en el desarrollo y la aplicación de tecnologías preventivas, diagnósticas y terapéuticas; proporciona asesoría local, regional y nacional en áreas relacionadas con las enfermedades infecciosas, y prepara recursos humanos altamente calificados en maestría y doctorado.⁶

El CISEI se organiza en torno a las áreas de biología molecular, microbiología y enfermedades transmitidas por vectores. Así, pues, a lo largo de tres lustros de

existencia el centro ha investigado temas que son un reto para la salud pública: padecimientos emergentes; generación de conocimientos para el desarrollo de vacunas; agentes bacterianos resistentes a los antimicrobianos; conocimiento sobre las prácticas sexuales de riesgo para la adquisición de enfermedades venéreas, y búsqueda de alternativas adecuadas y oportunas de prevención y control para diversos padecimientos infecciosos. Actualmente realiza proyectos de investigación relacionados con el estudio de:

- a) Resistencia a los antibióticos en bacterias Gram positivas y Gram negativas.
- b) Metabolismo oxidativo de *Entamoeba histolytica* para el diseño de nuevas drogas.
- c) Agentes infecciosos y cáncer, regulación genética de la expresión del papilomavirus, cáncer gástrico (a través del estudio de la patogenicidad del *Helicobacter pylori*).
- d) Infecciones de transmisión sexual, como sífilis, herpes genital, gonorrea y clamidiasis, en sus aspectos diagnóstico y epidemiológico entre poblaciones diversas.
- e) Enfermedades transmitidas por vectores como



Foto: 3 Ríos



Foto: 3 Ríos

malaria, enfermedad de Chagas y dengue; lo relacionado con la interacción biológica entre el parásito y el insecto vector.

Estos estudios están orientados principalmente al análisis de la interacción huésped-parásito en el ámbito molecular, así como al eventual desarrollo de procedimientos de diagnóstico y prevención.⁷

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE PALUDISMO

Está estratégicamente ubicado en la ciudad de Tapachula, Chiapas, es decir, una de las regiones con mayor prevalencia de paludismo y otras enfermedades transmitidas por vectores en México. El CIP, dependiente del CISEI, cuenta con la infraestructura básica para desarrollar investigación de punta en todos los proyectos de laboratorio y de campo en torno a estas enfermedades.

El objetivo del CIP se ha centrado en desarrollar investigaciones multidisciplinarias, básicas y aplicadas, que provean información sobre los componentes humano-vector y parásito patógeno del paludismo y de otras enfermedades transmitidas por insectos vectores; dichas investigaciones también sirven de base para mejorar las estrategias actuales de vigilancia epidemiológica, prevención y control de las enfermedades mencionadas. Asimismo, el centro entrena recursos humanos propios para realizar investigaciones de alto nivel y capacita a personal profesional y técnico de la salud en la atención de las enfermedades en este ámbito. Las investigaciones realizadas en el CIP incluyen tres áreas:

- a) Ecología y nuevos métodos de vigilancia y prevención de las enfermedades transmitidas por vectores.
- b) Naturaleza de la relación mosquito-parásito.
- c) Taxonomía clásica y molecular de vectores.⁸

SECRETARÍA ACADÉMICA

La integración de la función docente al INSP dio lugar a la creación de la SA. Su función principal es garantizar la calidad de los programas docentes, así como asegurar la participación equitativa de los centros de investigación en la docencia. Su misión es generar las condiciones necesarias para la formación y actualización de posgraduados del campo de la salud pública, en los ámbitos nacional y regional; propiciar en la institución un equilibrio entre la producción del conocimiento y la formación de recursos humanos en salud pública; fomentar la extensión y la difusión de las actividades realizadas en el instituto, así como el intercambio académico con otras instituciones del sector salud y educativas.

Esta área tiene la responsabilidad de coordinar la docencia en el INSP, y es la encargada de planear, ejecutar y evaluar los procesos académicos, vigilando su excelencia de manera tal, que permita garantizar la formación altamente calificada de recursos humanos en el campo de la salud pública. Para tal efecto se coordina con los seis centros de investigación para la planeación de las actividades académicas del INSP.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN NUTRICIÓN Y SALUD

La misión del CINYS es generar y difundir conocimientos, formar recursos humanos de posgrado, y dar asesoría a los sectores relacionados con el diseño y el desarrollo de políticas y programas de alimentación y nutrición para poblaciones. Para cumplir con esa misión, el CINYS tiene los siguientes objetivos:

- a) Generar y difundir conocimientos sobre los problemas de mala nutrición en la población, tanto por deficiencia como por exceso.
- b) Formar recursos humanos de alto nivel en el campo de la nutrición poblacional; estudiar la respuesta social organizada frente a los problemas de mala nutrición, con el propósito de desarrollar tecnologías, acciones, programas e innovaciones dirigidas a mejorar el estado de nutrición de la población.

- c) Transferir los conocimientos y la tecnología generada al sector salud y a otros sectores relacionados con la alimentación y la nutrición, para contribuir a la promoción de una buena nutrición en México.⁹

A pesar de los procesos de urbanización y modernización, y de la transición epidemiológica que ha experimentado nuestro país en décadas recientes, las deficiencias en la nutrición continúan siendo un importante problema de salud pública, especialmente entre los niños y las mujeres embarazadas y en periodo de lactancia. Al mismo tiempo, el sobrepeso, la obesidad y las enfermedades crónicas relacionadas con la mala nutrición han aumentado recientemente de manera alarmante y se prevé que continuarán en ascenso. En respuesta a lo anterior, los trabajos de este centro están inscritos en siete áreas de investigación:

- a) Magnitud y distribución de la mala nutrición en México.
- b) Efectos de micronutrientes y ácidos grasos esenciales en el crecimiento, el desarrollo y la salud.
- c) Biodisponibilidad de micronutrientes.
- d) Alimentación del niño y lactancia materna.
- e) Transición nutricional en México: estudio de las enfermedades crónicas relacionadas con la dieta.
- f) Diseño de acciones y estrategias para prevenir la mala nutrición.
- e) Evaluación de programas de nutrición.¹⁰

Mediante los proyectos y actividades descritos, el CINYS contribuye con el INSP en el cumplimiento de su misión, que consiste en la generación de conocimientos, la formación de recursos humanos de posgrado y la asesoría para contribuir a la prevención y el control de los problemas de salud pública en México.

CENTRO DE INFORMACIÓN PARA DECISIONES EN SALUD

El CENIDS es un área especializada en el manejo de información científica y técnica, cuya misión es elevar la eficiencia del sistema de salud, apoyando el desempeño de los tomadores de decisiones con recursos y servicios de información científica y técnica, oportunamente organizada y actualizada.

Desde sus orígenes, este centro ha evolucionado siguiendo muy de cerca las innovaciones tecnológicas

en el campo de la información, y el propio desarrollo de las ciencias médicas le ha exigido un alto proceso de especialización en la consulta y el acceso a bases de datos nacionales e internacionales.

A partir de su creación, el CENIDS estuvo vinculado casi exclusivamente a las actividades de investigación y docencia, y en los últimos años ha debido acercarse cada vez más a las áreas de atención médica y de administración de servicios de salud.

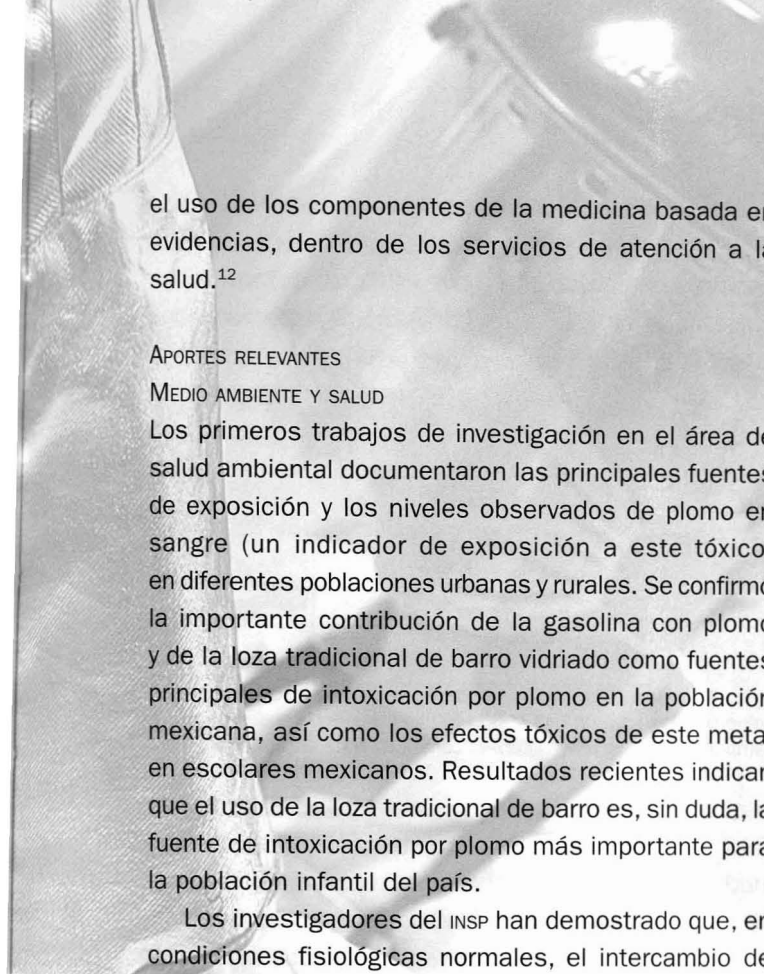
El dinámico desarrollo del mercado de la información lo estimuló, durante los años noventa, para ofrecer servicios de información a usuarios particulares y empresas privadas, además de los que ya se otorgaban a instituciones de nuestro país vinculadas con la salud, la educación y la investigación. Así, el CENIDS ha logrado mantener un reconocimiento en los ámbitos nacional y latinoamericano, dentro del campo de la información en salud. Los servicios y productos de información especializados que ofrece este centro para la comunidad académica y de investigación de instituciones de salud, educación e investigación en el país son:

Servicios de información científica:

- a) La disseminación de información científica selectiva para el envío de tablas de contenido de revistas de interés.
- b) Investigaciones bibliográficas automatizadas, con el apoyo de diversos sistemas como Medline, DIALOG, LILACS, entre otros.¹¹

Productos de información:

- a) *Boletín Práctica Médica Efectiva*. De periodicidad mensual, contiene información científica actualizada para apoyar la práctica clínica de los médicos en el primer nivel de atención.
- b) *Artemisa* (artículos científicos editados en México sobre salud). Esta base de datos se edita desde 1991; contiene la producción científica mexicana en biomedicina y salud, publicada en 45 revistas nacionales desde ese mismo año hasta la fecha.
- c) *Biblioteca Virtual en Salud*. Representa el desarrollo tecnológico más avanzado en el campo de la información en salud, en la cual se pueden consultar datos de México y otros países de América latina, en la dirección electrónica [bvs http://bvs.insp.mx](http://bvs.insp.mx).
- d) *Biblioteca Cochrane*. Tiene el propósito de fomentar



el uso de los componentes de la medicina basada en evidencias, dentro de los servicios de atención a la salud.¹²

APORTES RELEVANTES

MEDIO AMBIENTE Y SALUD

Los primeros trabajos de investigación en el área de salud ambiental documentaron las principales fuentes de exposición y los niveles observados de plomo en sangre (un indicador de exposición a este tóxico) en diferentes poblaciones urbanas y rurales. Se confirmó la importante contribución de la gasolina con plomo y de la loza tradicional de barro vidriado como fuentes principales de intoxicación por plomo en la población mexicana, así como los efectos tóxicos de este metal en escolares mexicanos. Resultados recientes indican que el uso de la loza tradicional de barro es, sin duda, la fuente de intoxicación por plomo más importante para la población infantil del país.

Los investigadores del INSP han demostrado que, en condiciones fisiológicas normales, el intercambio de plomo del hueso hacia la circulación general es muy pequeño; en contraste, las investigaciones realizadas con voluntarias cuyo metabolismo óseo está aumentado –lo cual ocurre normalmente durante el embarazo y la lactancia–, sugieren que durante estos periodos se movilizan cantidades importantes de plomo hacia la circulación y que esta movilización puede ser disminuida con la ingesta de un suplemento nutricional de calcio, lo que ofrece un esquema único de protección contra los efectos tóxicos del plomo. Asimismo, utilizando diferentes indicadores de salud y estrategias metodológicas variadas, los investigadores han demostrado que existen efectos adversos importantes sobre la salud respiratoria de los habitantes de las zonas urbanas del país atribuibles a la exposición a ozono y a las partículas en suspensión menores a 10 micras.

EPIDEMIOLOGÍA DEL CÁNCER CERVICAL EN MÉXICO

El cáncer cervical es un problema de salud pública en México, donde a pesar de la existencia de un programa de detección oportuna de cáncer cervical (PDOC), establecido hace más de 25 años, basado en la prueba de citología cervical (Pap), cada año mueren en nuestro país un poco más de cuatro mil mujeres. El INSP ha rea-

lizado un gran número de investigaciones que han servido para alimentar las políticas públicas y mejorar la calidad de la atención que se brinda en el PDOC. Los investigadores del INSP han contribuido a la caracterización epidemiológica de la infección del virus del papilloma humano (VPH), agente causal del cáncer cervical (figura 2); han demostrado que México es una zona de muy alta prevalencia de infecciones por este virus, y actualmente participan en un estudio internacional para evaluar la efectividad de una vacuna contra el VPH.

NUTRICIÓN Y SALUD

En 1999 el INSP realizó la segunda Encuesta Nacional de Nutrición (ENN-1999), cuyos resultados han sido utilizados para el diseño de políticas y programas destinados a mejorar el estado nutricional de la población. La encuesta reveló que existen altas prevalencias de desnutrición, especialmente en los menores de dos años de edad. Por ejemplo, la prevalencia de desnutrición crónica (talla baja para la edad) fue de ocho por ciento en el primer año de vida y aumentó casi tres veces, a 22 por ciento, en el segundo año. A esta edad la prevalencia de anemia fue de 49 por ciento, la deficiencia de hierro de 67 por ciento, la deficiencia de zinc de 34 por ciento, y las deficiencias de vitaminas A y C de alrededor de 30 por ciento.

Tanto la desnutrición crónica como las deficiencias de minerales y vitaminas aumentan el riesgo de enfermedad y muerte, y disminuyen tanto el crecimiento y el desarrollo mental de los niños, como su capacidad de aprendizaje y desempeño físico e intelectual a lo largo de la vida. Al conocer la magnitud de la desnutrición y la trascendencia de sus efectos, varias dependencias del gobierno federal han desarrollado acciones y programas para prevenir la desnutrición. Por ejemplo, el programa "Oportunidades" distribuye actualmente suplementos alimenticios a niños menores de dos años y mujeres durante la gestación y la lactancia, de familias en pobreza extrema. Estos suplementos alimenticios contienen altas cantidades de hierro, zinc y varias de las vitaminas deficientes en la dieta de los niños según la ENN-1999. Asimismo, se ha mejorado la calidad nutricional de alimentos distribuidos en programas gubernamentales. Por ejemplo, Liconsa ha distribuido

diariamente leche a precio subsidiado desde hace varias décadas. Recientemente, el INSP proporcionó asesoría a esta empresa para la adición de hierro, zinc y varias vitaminas a la leche. Actualmente, la leche enriquecida con vitaminas y minerales se distribuye, con el nombre de leche Tenutre, a millones de niños. Se espera que en breve el producto alcance a los 4.6 millones de beneficiarios de Liconsa. El INSP está actualmente evaluando el impacto del programa "Oportunidades" y del programa de distribución de leche "Tenutre" en el estado nutricional y la salud de los niños beneficiarios.

MIGRACIÓN Y SIDA

En 1988, casi al comienzo de la epidemia del síndrome de inmunodeficiencia adquirida (sida) en México, se hacía la siguiente afirmación: "La aparición del sida y su posterior expansión ha vuelto a traer a la agenda política y científica la necesidad de profundizar en la relación migración-salud".

El INSP investiga el impacto de los procesos migratorios en la modificación de los hábitos sexuales, y en la adopción de prácticas que implican un mayor riesgo para la diseminación del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH). México comparte una extensa frontera con un país que tenía una de las tasas más altas de incidencia de la enfermedad y con el que realizaba un intercambio voluminoso de población: importantes contingentes de mexicanos, documentados e indocumentados, fluyen hacia los mercados de trabajo de Estados Unidos de América, y volúmenes considerables de estadounidenses llegan a México para hacer turismo o negocios. El peso de estos movimientos dio lugar a que los esfuerzos se concentraran, durante los primeros años de la epidemia, en analizar lo que ocurría en la frontera norte de nuestro país. Consistente con esta preocupación, se han estudiado las corrientes migratorias rurales y urbanas que se dirigen a espacios de producción agrícola o a grandes urbes. Los resultados han servido para fortalecer campañas preventivas en poblaciones migrantes en los lugares de origen y de destino.

ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES

Las enfermedades transmitidas por vectores (ETV) han tenido un incremento importante en nuestro país, por

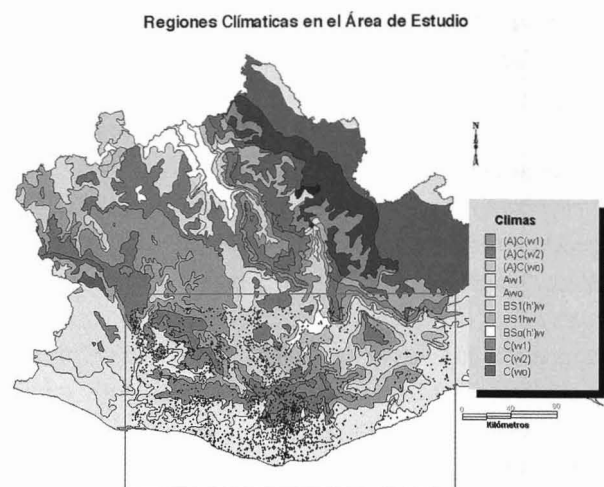


Figura 2. La identificación de los patrones de transmisión de paludismo de acuerdo con el tipo de clima pueden conducir a campañas más eficientes para el control de esta enfermedad

lo que es fundamental desarrollar nuevas estrategias para el control de los insectos vectores y de las enfermedades que estos transmiten. En particular, la malaria, el dengue y la enfermedad de Chagas requieren de una atención especial. Los resultados obtenidos por los distintos grupos que en el INSP investigan ETV, han permitido desarrollar estudios integrales que involucren a los agentes patógenos, los vectores, el hospedero y el ambiente para proporcionar mejores medidas de prevención y control.

El paludismo en México es un problema permanente de salud pública, con un patrón cíclico de periodos de control y de reactivación con brotes epidémicos. Durante los periodos de control, la transmisión persiste en focos residuales ubicados en la vertiente del océano Pacífico. En estos focos hiperendémicos, las actividades de control tienen un efecto limitado, y cuando éstas se relajan o son modificadas por cambios climáticos bruscos, son fuentes de brotes epidémicos que se extienden a otras áreas del país poniendo en riesgo a las zonas que han logrado controlar la transmisión de esta enfermedad. Investigadores del INSP analizan la participación de factores epidemiológicos, demográficos, socioeconómicos y ecológicos involucrados en la perpetuación de la transmisión de paludismo en el foco de mayor transmisión de éste, localizado en el estado de Oaxaca.

La distribución espacial y temporal de la incidencia anual de paludismo por localidad, la distribución y las

características sociodemográficas de la población a nivel de localidad, de acuerdo con el censo de 1990 y con el conteo de 1995, así como datos cartográficos sobre climatología, hidrología, altimetría, transportación e infraestructura hospitalaria en el estado, se han integrado en un sistema de información geográfica (SIG), que permite un análisis longitudinal e integral de todos estos factores en un contexto espacial y temporal. Con la ayuda de técnicas estadísticas sofisticadas se determinó la existencia de un foco de alta transmisión (figura 2) y se identificaron tres patrones de transmisión en el área. El más intenso de ellos ocurrió en localidades con clima tropical con lluvias en verano, lo que corresponde a zonas donde el *Anopheles pseudo-punctipennis* es el vector principal (figura 3).

En una segunda fase se realizó un estudio en una zona de 31 mil 440 km² alrededor de la ciudad de Pochutla (figura 4), donde se encontraron dos mil 199 localidades que fueron clasificadas en cuatro niveles de transmisión: nula, baja, media y alta. Los resultados confirmaron la importancia de las variables climáticas y de las vías de comunicación y colindancia entre comunidades. Cuanto mayor nivel de agrupamiento de localidades, mayor fue la probabilidad de transmisión en cualquiera de sus niveles de intensidad. Estas observaciones sugieren la importante participación de los movimientos poblacionales de corto alcance, en la transmisión de paludismo, en este foco hiperendémico. Los resultados de estas investigaciones han sido utilizados para diseñar las acciones de control de paludismo en el país.

BIBLIOTECA VIRTUAL EN SALUD MÉXICO

El INSP opera la BVS en México. Se trata de un espacio virtual de internet, cuya finalidad es la distribución del conocimiento científico y técnico en salud registrado, organizado y almacenado en formato electrónico en los países de América latina, accesible de forma universal de modo compatible con las bases internacionales. A partir del año 2001, la BVS se orientó a servir a tomadores de decisiones del sistema de salud en México y actualmente tiene a disposición de sus usuarios las siguientes bases de datos:

a) *Artemisa*, que integra más de mil 900 artículos en texto completo.

b) *ActualiSSAte*, con más de 350 artículos, en texto completo, de los 11 programas prioritarios en salud, cuatro mil 42 registros bibliográficos asociados con los temas tratados y mil 165 ligas a sitios de interés nacionales e internacionales.

c) *Boletín Práctica Médica Efectiva*, que integra un total de 184 páginas (HTML) para 23 temas y 115 preguntas registradas en las bases de datos.

d) *Calidad, calidez y eficiencia en el cuidado de la salud*, que incorpora diez temas (seis de calidad y cuatro de reforma del sector salud) con artículos en texto completo y ficha bibliográfica.

e) *Oportunidades de Financiamiento de Investigación en Salud* (OFS), que contiene mil 130 registros.

f) Noticias al día sobre hechos importantes y de actualidad.

g) *Númericas*: las bases de datos sobre mortalidad 1998 y 1999, y sobre recursos del Sector Salud 1998.

h) LILACS, que registró mil 700 fichas bibliográficas de artículos científicos, aparecidos en 35 revistas biomédicas mexicanas publicadas en 2000.

NÚCLEO DE ACOPIO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EN SALUD

Otro servicio que pone el INSP a disposición de la comunidad es el NAAIS. Se trata de un sistema para el análisis y difusión de información en salud pública que permite a estudiantes, investigadores y tomadores de decisiones de todo el país encontrar información rele-

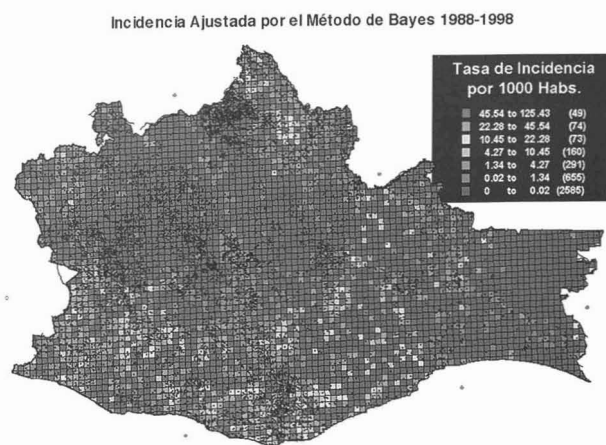


Figura 3. Zona de alta incidencia de paludismo de acuerdo con el filtro espacial y temporal. El área costera, alrededor de la ciudad de Pochutla, presenta altas tasas de incidencia a lo largo del periodo de estudio y se identificó como un foco residual

vante y necesaria para la documentación de proyectos de investigación y para facilitar la planeación estratégica del sector en todos los niveles administrativos.

El NAAIS es un escenario virtual y un banco digital de información que se actualiza permanentemente, con bases de datos relevantes en el campo de la salud pública, las cuales son almacenadas, organizadas y analizadas por expertos en informática, en salud pública, y pueden consultarse vía internet en <http://sigsalud.insp.mx/naais>.

Uno de los productos más recientes del NAAIS es el *Atlas de la salud 2003*, una obra de consulta general que muestra las características del estado de salud de la población mexicana, asociadas con un conjunto de variables que ilustran los principales factores de riesgo. El atlas también presenta información sobre bienestar social y la distribución de los recursos de atención a la salud. Cuenta con información de mortalidad, morbilidad, egresos hospitalarios, infraestructura, servicios y recursos para la atención de la salud, desplegada a nivel estatal, jurisdiccional y municipal, además de los datos que dan origen a cada mapa.

Otros de los productos del NAAIS es el Sistema de Información Geográfica en Salud e Infraestructura de Atención (SIGSAIA), que está diseñado para trabajar con información organizada en bases de datos y georreferenciada en diferentes niveles de agregación (estatal, municipal y jurisdiccional). Este sistema tiene la capacidad de representar, en un mapa interactivo, las variables contenidas en esas bases de datos. El SIGSAIA combina elementos de manejadores de bases de datos, mapeo, procesamiento de imágenes y análisis estadístico en línea. Ésta es una herramienta interactiva vía internet y un mecanismo que permite el uso de la tecnología para

la optimización de los recursos. Además, permite consultar y analizar espacialmente las bases de datos de mortalidad, morbilidad, egresos hospitalarios y de recursos de salud, ayudando con esto a la planeación y seguimiento de investigaciones del sector salud, así como en la toma de decisiones.

LA VISIÓN HACIA EL FUTURO

Desde hace dos décadas nuestro país se encuentra inmerso en una serie de cambios estructurales; el escenario de la salud y la enfermedad es un reflejo de ese proceso de cambio y de los nuevos retos de nuestro sistema de salud.

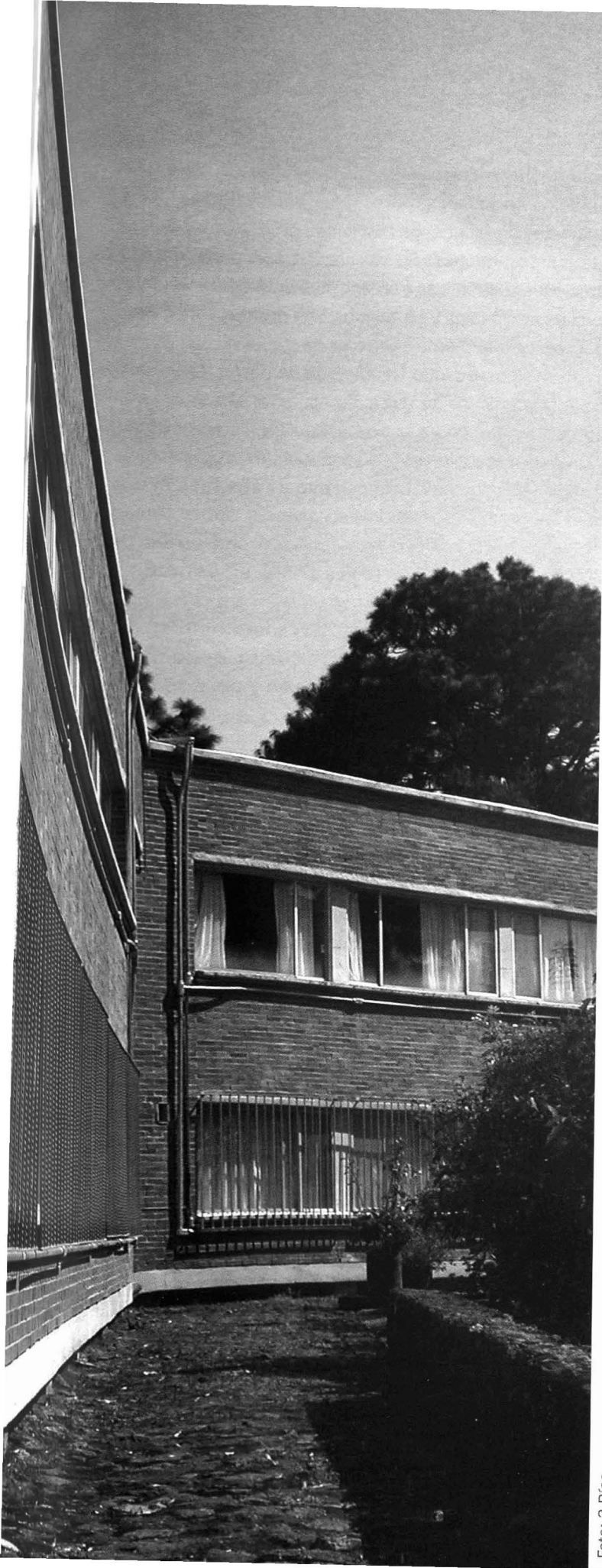
En este panorama de transformaciones, el Instituto Nacional de Salud Pública se ha comprometido –con la excelencia académica que le caracteriza– con todas y cada una de las actividades realizadas en sus casi 17 años de vida, teniendo como meta contribuir a la generación y diseminación de nuevo conocimiento sobre las condiciones de salud de la población mexicana, así como a la búsqueda de alternativas de intervención que coadyuven a su mejoramiento. Asimismo, también mantiene la prioridad de formar el capital humano necesario para articular políticas y programas, e integrarse al proceso de desarrollo de la salud pública en México.

El cumplimiento continuo de estas metas tiene como finalidad coadyuvar a obtener niveles de bienestar más equitativos entre nuestra población. El INSP, con su infraestructura, sus recursos humanos y la experiencia acumulada, está listo y dispuesto a contribuir en el desarrollo de esta tarea. ☉

NOTAS

- ¹ Julio Frenk Mora, "La Escuela de Salud Pública de México y el cambio estructural en la salud", palabras pronunciadas por el director general interino del INSP, México, 1987, págs. 6-9; *Instituto Nacional de Salud Pública 1989-1990*, INSP, México, 1990, págs. 15-20.
- ² J. Frenk Mora, "La Escuela de Salud Pública de México y el cambio estructural en la salud", palabras pronunciadas por el director general interino del Instituto Nacional de Salud Pública, México, 1987, págs. 6-9; *Instituto Nacional de Salud Pública. Cinco años de vida. 1987-1991*, INSP, Cuernavaca, 1992, págs. 7-15.

- ³ *Instituto Nacional de Salud Pública 1995-1996*, INSP, Cuernavaca, 1995, págs. 1-7.
- ⁴ *Instituto Nacional de Salud Pública. Quince años de acciones por la salud*, INSP, Cuernavaca, 2002, págs. 1-44.
- ⁵ *Idem.*
- ⁶ *Idem.*
- ⁷ *Idem.*
- ⁸ *Idem.*
- ⁹ *Idem.*
- ¹⁰ *Idem.*
- ¹¹ *Idem.*
- ¹² *Idem.*



EL CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIONES MULTIDISCIPLINARIAS

Francisco Rodríguez Hernández*

El Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM) es una dependencia del Subsistema de Investigación en Humanidades de la UNAM, ubicada en la ciudad de Cuernavaca, Morelos. Fue creado en 1985 con la intención de establecer un espacio propicio para la investigación multidisciplinaria y contribuir, al mismo tiempo, a la descentralización de la investigación social y humanística.

Su objetivo primordial es realizar investigaciones sobre los problemas sociales de México y sus regiones, mediante estrategias de análisis que incorporen las perspectivas de las distintas ciencias sociales, así como de otras disciplinas. Contribuye también a las funciones de docencia y difusión de la cultura de la Universidad Nacional, mediante la participación en programas de estudios superiores y de posgrado, así como una amplia labor de divulgación de los resultados de sus investigaciones y del avance del conocimiento en las áreas temáticas consideradas en su perfil académico.

* Investigador del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM, (CRIM)

El CRIM cuenta con una planta académica de 47 investigadores y 20 técnicos académicos, todos ellos de tiempo completo. Dos de cada tres investigadores tiene doctorado, y 57 por ciento es miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Por su parte, uno de cada cuatro técnicos académicos cuenta con posgrado.

La organización académica del centro se basa en programas de investigación, que se integran a partir de la confluencia de intereses cognitivos sobre un objeto de estudio o un área temática determinada, bajo la idea de favorecer el trabajo colectivo y la vinculación multidisciplinaria. Estos grupos, que funcionan a partir de proyectos de investigación específicos, cuentan con la flexibilidad necesaria para su transformación en la medida que evoluciona su agenda de investigación.

Los programas de investigación vigentes son:

- Población y procesos urbanos.
- Educación y transformación social.
- Sociedad, salud y violencia.
- Perspectivas sociales del medio ambiente.
- Estudios regionales.
- Cambio mundial e internacionalización.
- Estudios de lo imaginario.
- Estudios sobre equidad de género.
- Instituciones, política y diversidad cultural.

Estos nueve programas agrupan en la actualidad más de 80 proyectos de investigación. Uno de cada tres proyectos es de carácter colectivo y dos son de índole individual. Cerca de la mitad de estos proyectos han contado con apoyo financiero por parte del Conacyt, la propia UNAM, a través del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), o de fundaciones internacionales.

En los últimos cinco años, los académicos del centro han producido 39 libros autorales, 36 libros colectivos y 282 artículos en revistas especializadas y libros colectivos. De los libros producidos en ese periodo, 58 fueron publicados por el departamento editorial del CRIM.

Como resultado de la experiencia y el trabajo sistemático acumulados, el CRIM ha adquirido una presencia

importante en ciertas áreas de investigación, como los estudios sociodemográficos y las dimensiones socioculturales de la cuestión ambiental, por mencionar sólo las más cuantiosas. Su vinculación con diversas instituciones académicas y organismos públicos y sociales locales, nacionales y extranjeros, son prueba fehaciente del prestigio que este centro se ha ganado.

Asimismo, el centro ha adquirido un papel destacado en la región donde se ubica. Por un lado, al ser el estado de Morelos un lugar adecuado para la experimentación de metodologías y la construcción cognoscitiva, y en sí mismo un ámbito importante de análisis, el CRIM siempre ha desarrollado investigaciones sobre temas de esta entidad, que lo han llevado a conformar un amplio programa de estudios sobre el estado de Morelos y a convertir al CRIM en un lugar de referencia para los estudiosos de la situación social del estado. Por el otro, al concentrar un claustro académico sobresaliente, contribuye a la difusión y desarrollo de las ciencias sociales en la región mediante su participación en la docencia local y la discusión pública de los problemas de la sociedad.

La participación del CRIM en la enseñanza se materializa en dos programas institucionales. Uno de ellos es el posgrado en ciencias políticas y sociales de la UNAM, en cuyo padrón de tutores y docentes, desde el verano de 2001, están integrados los investigadores del CRIM. El otro es la maestría en estudios de población y desarrollo regional, certificada por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, que, mediante un convenio de colaboración académica, es impartido por el CRIM a partir del otoño de 2000; actualmente se desarrollan las actividades académicas de la segunda generación. Adicionalmente a estos dos programas, los académicos del centro, ya sea por iniciativa propia o por invitación expresa, imparten cursos en programas de licenciatura y posgrado, cursos de actualización, y participan en seminarios y diplomados en la propia UNAM y en institucionales de educación superior nacionales y locales. ☼

¿CUÁL ES EL TAMAÑO DE LA POBLACIÓN INDÍGENA EN MÉXICO?

Ana María Chávez Galindo
y Héctor Hiram Hernández Bringas*



INTRODUCCIÓN

La estimación de la población indígena en México a partir de los censos poblacionales tradicionalmente ha tomado como criterio fundamental la condición de habla de alguna lengua autóctona.¹ Con ese criterio se asume como indígena a todo aquel que habla alguna de esas lenguas y, por oposición, no son indígenas quienes no las hablan. Si bien ese criterio ha resultado de suma utilidad, es cierto también que presenta importantes limitaciones, ya que, como es sabido, no en todos los casos el conocimiento y uso de la lengua se corresponden con la pertenencia étnica. La pertenencia étnica es, ante todo, un asunto vinculado con la identidad y con la vigencia de las culturas.

En atención a ello, así como a la insistencia de diversos autores sobre la limitación de reducir la pertenencia étnica al uso de una lengua, el censo del año 2000 aplicó a una muestra de la población una pregun-

ta sobre el sentido de pertenencia étnica. De tal forma, se cuenta ahora con un criterio adicional para la identificación y estimación de la población indígena en México.

Si se observan los resultados del citado censo, un primer punto que llama la atención es que el monto de población indígena (considerando sólo aquella de cinco años y más), calculado por uno u otro criterio, es considerablemente diferente. De acuerdo con el criterio lingüístico, los indígenas en México serían seis millones 320 mil 250. De acuerdo con el criterio de adscripción, el monto es de cinco millones 298 mil 670, 16 por ciento inferior al obtenido del primer caso. Sin embargo, hay un sector importante de población en el que ambos criterios coinciden: 66 por ciento de los que hablan lenguas indígenas también se adscriben como tales, en tanto que casi 80 por ciento de los que dicen ser indígenas hablan una lengua indígena. Son de destacar, asimismo, las disparidades resultantes de ambos criterios: casi un tercio (31 por ciento) de los que hablan lengua indígena no se adscriben como tales y,

* Investigadores del CRIM de la UNAM

por el contrario, una quinta parte de los que se adscriben no hablan lengua indígena.

Ante ello surgen algunas preguntas básicas: ¿por qué hay hablantes de lengua indígena que no se adscriben a alguna de las etnias? Y por el contrario, ¿por qué algunos se adscriben indígenas sin ser hablantes de alguna de esas lenguas? En este artículo se resume una propuesta para la estimación del monto de población indígena, de acuerdo con las posibilidades que ofrece la información censal del año 2000.

1. SUPUESTOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS INDIVIDUOS SEGÚN SU CONDICIÓN INDÍGENA

De acuerdo con la matriz en que se muestran las cifras resultantes de los dos criterios censales para la definición de la población indígena, salta a la vista la existencia de tres grandes grupos de casos en la tarea de definir el monto de la población indígena (cuadro 1):

Cuadro 1

República Mexicana. Población de 5 años y más de edad, según pertenencia a un grupo indígena y condición de habla de lengua indígena. Año 2000

Habla lengua indígena	Pertenencia a un grupo indígena			
	Total	Se considera indígena	No se considera indígena	No especificado
Total	86,223,474	5,298,670	78,684,816	2,239,988
Si habla algún dialecto	6,320,250	4,188,680	1,963,677	167,893
No habla algún dialecto	79,598,632	1,104,176	76,597,454	1,897,002
No especificado	304,592	5,814	123,685	175,093

Fuente: INEGI. Muestra del XII Censo General de Población y Vivienda. Año 2000

Primer grupo: los casos “positivamente consistentes” por la presencia de los dos criterios censales de la definición de la población indígena (celda 1)

Estos casos son, suponemos, el “núcleo duro” de la población indígena; es decir, aquéllos de los que no existiría duda alguna sobre su condición étnica. Por tanto, este grupo, sin restricción, es contabilizado como indígena.

Segundo grupo: Casos “inconsistentes” en sus respuestas

La inconsistencia de respuestas tiene las dos modalidades que se enuncian en los siguientes incisos:

a) Hablantes de lengua indígena que no pertenecen a uno de esos grupos (celda 4) o se desconoce si pertenecen (celda 7). En total, estos casos son de dos millones 131 mil 570 personas. Frente a ellos podríamos estar ante dos tipos de sesgos:

“Sesgo de inconsistencia cultural”: se trataría de personas que realmente no son indígenas y que aprendieron una lengua autóctona por una vía distinta a la transmisión materna o paterna. Este sesgo produciría una sobreestimación de la población indígena si atendiéramos sólo al criterio lingüístico.

“Sesgo por negación de identidad”: incluiría los casos de personas que al ser hablantes de una de esas lenguas no asumen esa condición, debido a diversos factores subjetivos y de contexto (por ejemplo, discriminación hacia lo indígena). Este sesgo produciría una subestimación de la población indígena si atendiéramos sólo al criterio de la pertenencia.

b) Pertenecientes a un grupo indígena que no hablan una de esas lenguas (celda 2) o se desconoce si la hablan (celda 3). En total se trata de un millón 109 mil 990 personas. En relación con este grupo estaríamos también ante dos sesgos distintos en el cálculo del monto de población indígena:

“Sesgo por identificación histórico-ideológica”: personas que no son realmente indígenas por razones históricas, culturales, ideológicas, pero que reivindican lo indígena y se incluyen en estos grupos étnicos. Este sesgo sobreestimaría la población indígena si se atiende sólo al criterio de pertenencia.

“Sesgo por contexto contracultural”: puede tratarse de auténticos indígenas que, asumiéndose como tales, por diversas razones (educación monolingüe, entorno urbano) no adquirieron la lengua de sus antepasados.

Los casos inconsistentes arrojan un total de tres millones 241 mil 560 personas, monto altamente significativo en cualquier escenario del volumen de población indígena. Ante estos casos, proponemos que la inconsistencia de respuestas puede encontrar una vía de solución si atendemos al contexto donde viven las personas. Si el caso analizado es el de una persona que sólo satisface uno de los criterios censales de definición de lo indígena, pero vive en el mismo hogar con *al menos otro pariente* hablante de lengua indígena o con adscripción indígena, ello nos daría mayor certeza.

za sobre su condición étnica. Con esto tenemos más elementos para suponer que hablar una lengua indígena o el sentido de pertenencia no son hechos aislados o inconsistentes, resultado de la negación de identidad, de un contexto adverso, o de una identificación histórico-ideológica con estos grupos. Con este supuesto, se desarrollará una primera corrección del monto de población indígena.

Tercer grupo: Los casos “negativamente consistentes” por la ausencia simultánea de los dos criterios censales para la definición de su condición indígena.

Se trata de casos ubicados en las siguientes posibilidades: explícitamente ni hablan alguna lengua indígena ni pertenecen a un grupo indígena (celda 5); no hablan y se desconoce si pertenecen (celda 8); no pertenecen y se desconoce si hablan (celda 6); se desconoce si hablan o pertenecen (celda 9). Con casi absoluta claridad, sería el grupo de no indígenas entre la población mexicana. Sin embargo, aún es posible encontrar en este segmento algunas excepciones, es decir, personas que al ser indígenas se declaran no hablantes ni pertenecientes a esos grupos por alguna de las razones que se enunciaron en el segundo grupo. Con esta idea en mente, se propondrá una segunda corrección al monto de población indígena.

2. EL MONTO DE LA POBLACIÓN INDÍGENA

Primera corrección (por relaciones de parentesco)

En una primera aproximación al cálculo del monto de la población indígena, se contabilizarán como tales los siguientes casos:

- a) Los que hablan una lengua indígena y dicen pertenecer a uno de esos grupos.
- b) Los que cumplen sólo uno de los dos criterios, siempre y cuando algún otro miembro del hogar con el que tenga relación de parentesco también satisfaga al menos uno de los dos criterios.
- c) Los residentes en el hogar que no guardan relación de parentesco con el jefe o los trabajadores domésticos, sólo el de hablar una lengua indígena, independientemente de su condición declarada de pertenencia a uno de esos grupos étnicos.

Por el contrario, serán no indígenas:

- d) Los que simultáneamente no cumplen ninguno

de los dos criterios censales.

- e) Los que cumplen sólo uno de los dos criterios, pero no hay otro pariente en el hogar que satisfaga al menos uno de ellos.

Segunda corrección (por tipo de hogar y municipio de residencia)

La idea fundamental en esta segunda corrección es detectar posibles casos de indígenas, aun entre los que contestaron negativamente a ambos criterios. Es decir, casos en los que, por razones ligadas a la conflictividad étnica, al racismo, a la segregación o a la simple elección personal, nieguen su identidad con estos grupos, y el conocimiento de una de esas lenguas. La posible detección de estos casos sólo podrá hacerse recurriendo a criterios relacionados con su contexto mediano e inmediato.

La cuestión puede plantearse de manera simple: ¿cómo considerar el caso de un aparente no indígena, cuyo contexto mediano e inmediato sí lo es? Se propone que un individuo sobre el que la información censal no nos permite clasificarlo como indígena sea considerado como tal cuando se cumplan necesaria y simultáneamente las siguientes dos condiciones:

- Que habite en un “hogar predominantemente indígena”, es decir, donde el jefe de hogar y/o su cónyuge sean indígenas, conforme a los criterios aquí definidos. En estos casos, la definición de la condición indígena de la persona en cuestión estaría dada por la correspondiente a aquellos que encabezan el hogar, bajo el supuesto de que son ellos quienes establecen las pautas culturales y educativas al interior de las familias.
- Que habite en un municipio predominantemente indígena, es decir, con 66 por ciento o más de población indígena.² Un contexto de esta naturaleza nos hablaría de un nexo directo con el mundo indígena.



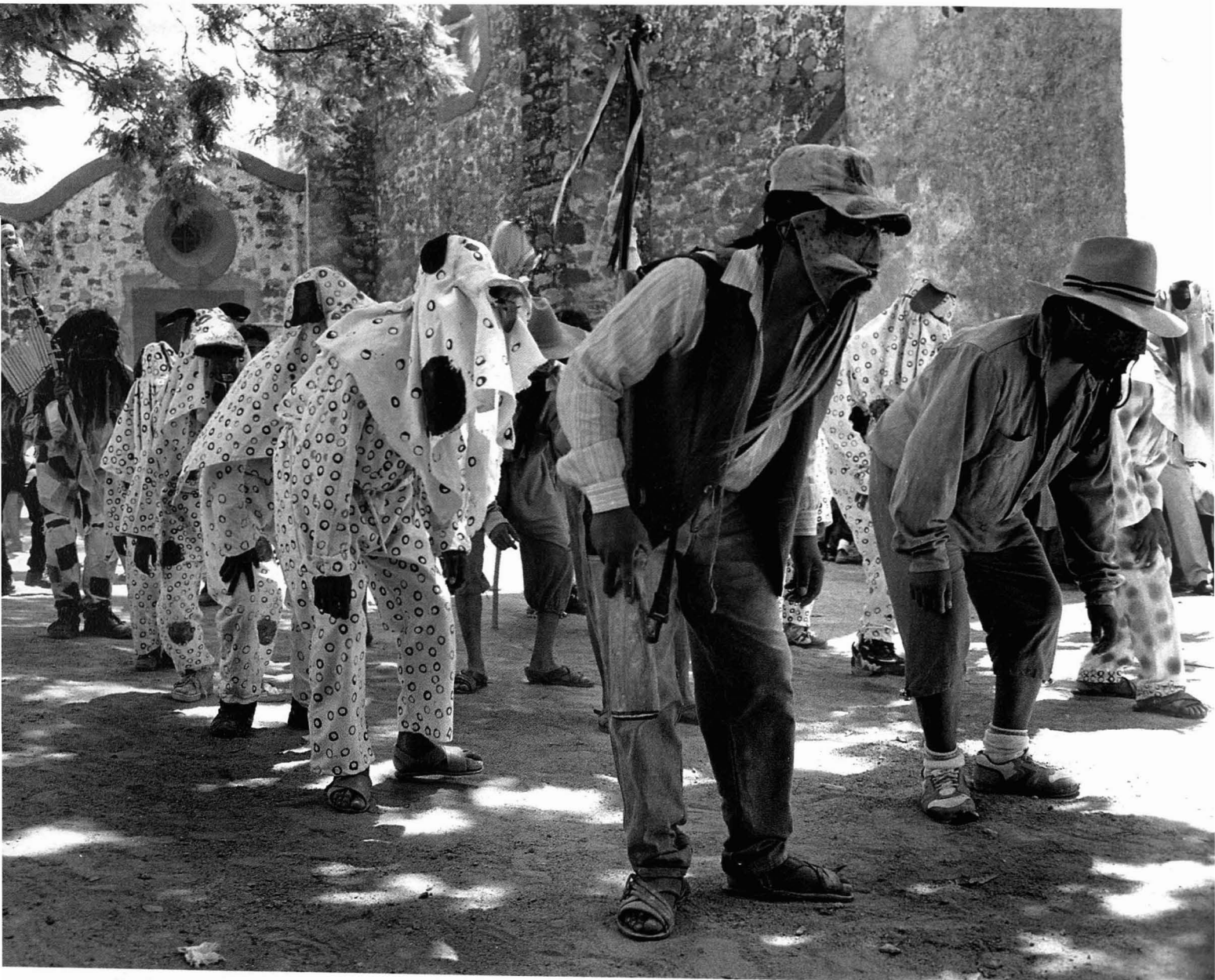


Foto: Ricardo María Garibay

Conviene insistir en que para la reclasificación de estos casos (que son los de aparentemente no indígenas), no basta satisfacer la condición de pertenecer a un hogar predominantemente indígena, sino que es necesario considerar el contexto más amplio: el municipio. El sólo criterio de vivir en un hogar predominantemente indígena sin que la localidad o el municipio lo sean, no permitiría por sí mismo clasificar estos casos como indígenas. Es probable que en las ciudades, por ejemplo, la negación de la condición étnica, aun teniendo jefes de hogar indígenas, obedezca más bien a un verdadero relajamiento de la identidad y a una mayor identificación con las pautas culturales no indígenas. Por eso la reclasificación de estos casos requerirá necesariamente que se cumplan ambas condiciones.

TERCERA CORRECCIÓN: OTROS SEGMENTOS COMPONENTES DE POBLACIÓN INDÍGENA

Por último, un caso no considerado hasta el momento es el de los menores de cinco años, grupo poblacional excluido de la captación censal en lo que se refiere a condición de habla de lengua indígena y adscripción étnica. Se propone que los menores de cinco años sean considerados indígenas sólo en los casos en que habiten en hogares predominantemente indígenas, es decir, donde el jefe de hogar o su cónyuge sean indígenas, ya que son ellos los responsables directos de la socialización y educación de los menores.

3. RESULTADOS

Como se aprecia en el cuadro anexo, la aplicación de estas correcciones al monto total de potenciales indígenas captados por el censo ("indígenas censales") arroja un total de seis millones 845 mil 280 indígenas mayores de cinco años, esto es, 7.9 por ciento menos de los potenciales indígenas censales, pero 8.3 por ciento más que los hablantes de lengua indígena y 29 por ciento más que los pertenecientes a una de esas etnias.

Con la segunda corrección efectuada se "recuperan" algunos indígenas de los que declararon no tener vínculos con algún grupo étnico. Se trata de casos que, no obstante haber declarado no hablar ni pertenecer a lo indígena, habitan en un municipio indígena y en un hogar predominantemente indígena. Estos incrementarían nuestra cifra en 164 mil 569 indígenas más.

Por último, el cálculo del volumen de población indígena incorpora a los menores de cinco años que habitan en hogares predominantemente indígenas. En total, se agregan un millón 423 mil 634 menores pertenecientes a este tipo de hogares, con lo que el monto de la población indígena en México sería de ocho millones 268 mil 914 personas en el año 2000.

COMENTARIO FINAL

Llama la atención que el monto estimado de población indígena es considerablemente inferior a los 12.7 millones calculados por el Consejo Nacional de Población. Esto se debe a que el Conapo considera como indígenas a todas las personas que habitan en hogares donde al menos uno de sus miembros habla o pertenece a lo indígena. Este supuesto es, a nuestro juicio, endeble por las siguientes razones: no cuestiona los casos de inconsistencia en ambos criterios y asume como indígenas a quienes hayan declarado afirmativamente a uno u otro; desconoce que la responsabilidad de la transmisión cultural no recae por igual en todos los miembros del hogar; omite reconocer que hay hogares donde puede darse la convivencia entre lo indígena y lo no indígena. Al final de cuentas, en su contabilidad omite las respuestas de la mayoría de la población en relación con lo étnico, imputando su adscripción en función de las respuestas de cualquier otro pariente. ☼

OTRAS REFERENCIAS

CONAPO, "Tamaño de la población indígena mexicana", en *La población de México en el nuevo siglo*, Consejo Nacional de Población, México, 2001.

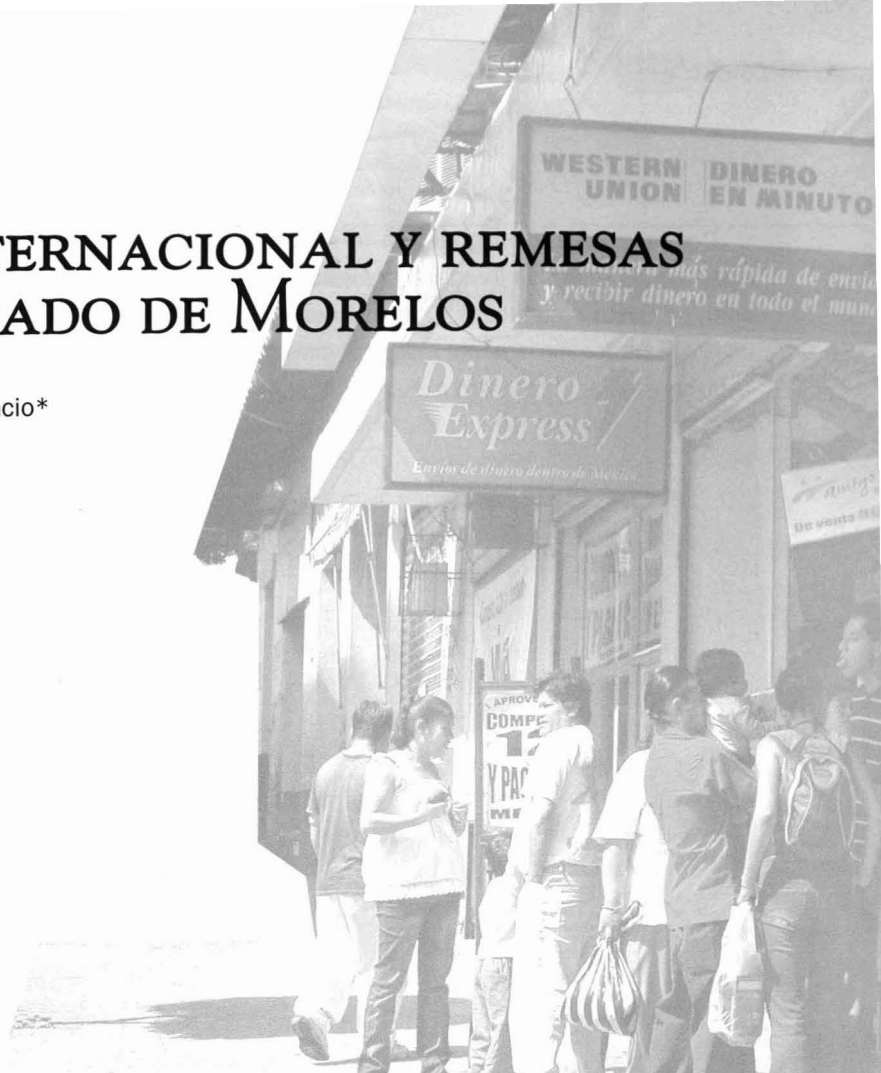
NOTAS

¹ No se omite la consideración de que algunos ejercicios censales han intentado detectar otros elementos definitorios de lo indígena (Luz María Valdés, *Estimación de la población indígena de México*, Coordinación de Humanidades-UNAM, México, 1998; Patricia Fernández Ham, "La mortalidad infantil de la población indígena. Atrazo y contrastes", *Demos* (6). *Carta demográfica sobre México*, UNAM, México, 1993; P. Fernández, "Los montos de la población indígena. Tres aproximaciones analíticas", *Demos* (11), 1998; P. Fernández, "La población indígena. Hablantes y regiones indígenas", *Demos* (13), 2000; INI-PNUD, *Estado y desarrollo económico y social de los pueblos indígenas de México*, INI/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, México, 2000; Conapo, "La población indígena", en *La situación demográfica de México*, Consejo Nacional de Población, México, 1997).

² Los criterios para definir la condición indígena de una región son arbitrarios. Aquí se opta por el rango de 66 por ciento o más, considerando que si al menos dos tercios de la población son indígenas, la zona, en este caso el municipio, puede ser considerada como tal.

MIGRACIÓN INTERNACIONAL Y REMESAS EN EL ESTADO DE MORELOS

Fernando Lozano Ascencio*



Durante las dos últimas décadas del siglo xx la migración mexicana a Estados Unidos pasó de ser un fenómeno concentrado en ocho o nueve entidades del occidente de México, a uno en el que participa la población de prácticamente todas las entidades del país. Una gran cantidad de trabajos existentes sobre el tema han puesto especial énfasis en los movimiento de población que se originan en las áreas tradicionales de migración a Estados Unidos (Durand y Massey, 1992). Sin embargo, México ha experimentado profundos cambios en su estructura económica y sociodemográfica durante los últimos 20 años. Los procesos de urbanización e integración económica al mercado estadounidense han modificado los patrones tradicionales de migración interna e internacional (Roberts, 1995; Lozano, Roberts y Bean, 1997)

En particular la migración mexicana hacia Estados Unidos ha presentado algunos de los siguientes cam-

bios: 1) Pese a que la migración temporal o cíclica persiste, la migración permanente creció significativamente, sobre todo a partir de la segunda mitad de la década de los ochenta. 2) A los estados tradicionalmente expulsores de mano de obra del occidente de México, se han agregado “nuevos” estados del centro y sur del país. 3) Existe una mayor participación de migrantes de origen urbano en el torrente migratorio hacia el vecino país. 4) Asimismo, ha aumentado el nivel educativo de los migrantes—como consecuencia del aumento general de la escolaridad en México y de una mayor selectividad entre los migrantes— así como la participación de niños y mujeres (Alba, 1985, 1994; Corona, 1998; Cornelius, 1992; Lozano, 1998; Papail, 1998).

Aunque entidades como Jalisco, Michoacán, Guanajuato y Zacatecas han sido tradicionalmente los estados “líderes” en el envío de migrantes a Estados Unidos, nuevas entidades a lo largo y ancho del país empiezan a participar en este flujo migratorio internacional, particularmente del centro y sur de México. De acuerdo con cifras del Censo de Población de 2000, mientras que

* Investigador del CRIM de la UNAM

los tres estados tradicionalmente expulsores de mano de obra (Jalisco, Michoacán y Guanajuato) concentraron la tercera parte de los emigrantes a Estados Unidos durante el quinquenio 1995-2000, otros estados como Morelos, Estado de México, Veracruz, Hidalgo, Puebla y Oaxaca empiezan a tener una mayor presencia en el flujo migratorio, no tanto por el volumen absoluto de sus emigrantes, sino por el porcentaje que los migrantes representan en la población residente.

El caso de Morelos es particularmente interesante. Pese a que la migración internacional ha estado presente desde la primera mitad del siglo xx, sobre todo en zonas aisladas del sur y vecinas al estado de Guerrero, no es hasta fines de los ochenta y principios de los noventa que tal desplazamiento de población se convierte en un fenómeno masivo, con fuertes repercusiones en la economía y sociedad del estado.¹ Durante la segunda mitad del siglo xx, Morelos se caracterizó por ser una entidad de atracción de población y mano de obra, particularmente de estados limítrofes como Guerrero, Puebla, Oaxaca, Estado de México e incluso el Distrito Federal. La población inmigrante se dirigió principalmente hacia zonas urbanas y metropolitanas de la entidad. Sin embargo, el incremento de la migración rural-urbana al interior del estado como respuesta a la profunda crisis agrícola, junto con la saturación de los mercados de trabajo de las ciudades morelenses, y la creciente demanda de mano de obra temporal y barata de la industria y los servicios de Estados Unidos, durante los noventa, son factores vinculados con el repunte vertiginoso de la migración morelense hacia el vecino país.²

Según cifras del censo de población del 2000 los emigrantes internacionales de Morelos representaron casi tres por ciento de la población residente de la entidad, lo que –de acuerdo con este indicador– lo ubica en el quinto lugar nacional en el envío de migrantes a Estados Unidos, superado únicamente por los estados de Zacatecas, Michoacán, Guanajuato y Durango (entidades de larga tradición migratoria).

Asimismo, del total de personas residentes en Morelos que emigraron a Estados Unidos entre 1995 y 2000 (población que ascendió a 44 mil 426 individuos) únicamente 25 por ciento había regresado a México y 75 por ciento restante se encontraba todavía en Es-

tados Unidos en el momento del levantamiento del censo. Esto significa que entre 1995 y 2000 alrededor de 6 mil 500 individuos residentes de Morelos emigraron anualmente a Estados Unidos, presumiblemente de manera definitiva. Para tener una idea de lo que esta cifra representa en la dinámica demográfica de la entidad, es casi comparable con el número de muertes anuales de Morelos, que para el año 2000 ascendió a seis mil 704 defunciones. Esto significa que Morelos “pierde” una cifra similar de habitantes tanto por emigración internacional como por sus defunciones.

Por cuanto al sexo de los emigrantes internacionales de Morelos, la participación de los hombres continúa siendo mayoritaria con 71 por ciento y el restante 29 por ciento corresponde a la participación de las mujeres. Sin embargo, cabe hacer notar que el porcentaje de participación femenina de Morelos es superior al porcentaje nacional (que es de 24.7 por ciento). Esta mayor presencia de mujeres morelenses en el contingente migratorio hacia Estados Unidos podría obedecer no sólo a la reciente incorporación de Morelos como entidad expulsora de mano de obra hacia el vecino país, sino también al hecho de que más de la mitad del flujo migratorio de Morelos se origina en localidades urbanas mayores de 15 mil habitantes, en las que tradicionalmente ha sido mayor la presencia de mujeres migrantes.

Cuadro 1

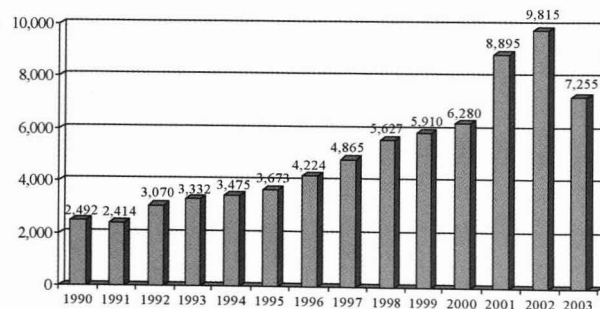
Migrantes a Estados Unidos entre 1995 y 2000 y su participación porcentual en la población residente de 2000, según entidad federativa de residencia

Estado	Emigrantes 1995-2000	%	Población residente en el año 2000	Emig/Pob(%)
TOTAL/ PROMEDIO	1 569 157	100.0	97 483 412	1.6
Zacatecas	65 631	4.2	1 353 610	4.8
Michoacán	165 502	10.5	3 985 667	4.2
Guanajuato	163 338	10.4	4 663 032	3.5
Durango	42 307	2.7	1 448 661	2.9
Morelos	44 426	2.8	1 555 296	2.9

Fuente: Censo General de Población y Vivienda, 2000

Además del impacto social y demográfico de la emigración mexicana a Estados Unidos, el impacto económico es altamente significativo, debido a las fuertes sumas de dinero que envían los migrantes hacia sus lugares de origen, recursos conocidos como remesas familiares o “migradólares”. A lo largo de la década de los noventa y particularmente durante los últimos tres años, los envíos de remesas familiares han alcanzado cifras históricas; de hecho estos recursos constituyen en estos momentos una de las entradas más importantes de divisas. De acuerdo con información del Banco de México, entre 1990 y 2002 las remesas familiares se cuadruplicaron al pasar de 2.5 a 9.8 mil millones de dólares entre esos años. Es más, durante el primer semestre de 2003 el monto de remesas alcanzó la cifra de 7.3 mil millones de dólares, cantidad que supera lo que recibió el país a lo largo del año 2000. De ahí que algunos analistas sugieran que el año 2003 cerrará en una cifra superior a los 12 mil millones de dólares. Como quiera que sea, en 2002 las remesas representaron 75 por ciento de las exportaciones petroleras, y superaron en 45 por ciento a los ingresos por turismo extranjero y casi triplicaron el valor de las exportaciones agropecuarias.

La distribución regional de las remesas presenta un patrón similar al de la distribución de los migrantes, ya que las mismas tres entidades (Michoacán, Guanajuato y Jalisco) recibieron 28 por ciento del monto total de las remesas que ingresaron a México durante el año 2001. De acuerdo con estimaciones elaboradas por el autor a partir de información del Banco de México, el estado de Morelos recibió 251 millones de dólares por concepto



Gráfica 1. Ingresos por remesas familiares, 1990-2003 (millones de dólares). Fuente: Banco de México. La cifra de 2003 corresponde al semestre enero-junio

de remesas durante ese año. Pese a que esta cifra constituye 2.82 por ciento del monto total de remesas que se reciben en México, su impacto en la economía del estado y en particular en aquellos municipios y comunidades en donde la migración tiende a concentrarse es muy significativa. Tan sólo en los hogares que reciben remesas, estos recursos constituyen la tercera parte del total de los ingresos, lo que indica el alto grado de dependencia de las remesas en el funcionamiento de las economías familiares de Morelos.

Un indicador que combina tanto el volumen de migrantes como el monto de remesas en la medición de la migración a Estados Unidos, es el *índice de intensidad migratoria* (Conapo 2002). De acuerdo con este indicador, el estado de Morelos estaría considerado dentro de las entidades con un “alto grado de intensidad migratoria a Estados Unidos” junto con Aguascalientes, Jalisco, Colima, San Luis Potosí, Guerrero e Hidalgo. Las entidades consideradas con *muy alto grado* de intensidad migratoria son Zacatecas, Michoacán, Guanajuato, Nayarit y Durango. El resto de las entidades quedan comprendidas en los rangos *medio*, *bajo* y *muy*

Cuadro 2

Estimación de las remesas provenientes de Estados Unidos, según entidad federativa receptora, 2001

Estado	Distribución % de remesas en el censo 2000	Millones de dólares 2001
TOTAL	100.0	8 895.3
Michoacán	11.69	1 039.9
Guanajuato	8.31	739.2
Jalisco	7.89	701.8
Estado de México	7.16	636.9
Guerrero	6.27	557.7
Veracruz	5.99	532.8
Distrito Federal	5.67	504.4
Oaxaca	4.03	358.5
Puebla	3.97	353.1
Hidalgo	3.89	346.0
Morelos	2.82	250.8
Otras entidades	32.31	2 874.1

Fuente: Banco de México, 2001



bajo. En el estado de Morelos los municipios que presentan los índices más altos de intensidad migratoria son Amacuzac, Axochiapan, Coatlán del Río, Mazatepec, Tepalcingo y Zacualpan, lo que de paso exhibe que el peso de la migración internacional en la dinámica demográfica, económica y social en estos municipios, es mayor que en el resto.

La juventud de la migración en Morelos –como fenómeno masivo– y el fuerte impacto que ha tenido este fenómeno en la sociedad y en la economía del estado, contrasta con el poco interés que le han prestado tanto el sector académico y como los distintos niveles de gobierno (federal, estatal y municipal). Morelos es de las pocas entidades expulsoras de mano de obra que no cuentan con un programa gubernamental de vinculación con la comunidad de morelenses en el exterior. No obstante, en distintas localidades con altos

índices de migración del suroeste y centro-norte del estado existen grupos organizados de migrantes o grupos de familiares de migrantes que han desarrollado programas para la transferencia de fondos desde el extranjero (como lo es el proyecto de los Telecentros en Tlayacapan, Totolapan y Jumiltepec) y el desarrollo de obras para el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades, tales como construcción de caminos, remodelación de escuelas, construcción de iglesias, entre otras muchas acciones. ☉

NOTAS

- ¹ En las series históricas sobre migración mexicana a Estados Unidos por entidad federativa, elaboradas por Corona (1987), los migrantes morelenses prácticamente no tienen presencia en el flujo que se dirige al vecino país.
- ² Para una visión general de la evolución del proceso productivo de Morelos véase el ensayo de Úrsula Oswald, "Transformaciones socioproductivas en el estado de Morelos", 1992.

LOS BOSQUES DEL NORTE DE MORELOS: DEL TRIBUTO AZTECA A LA PROVISIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES

María Fernanda Paz*

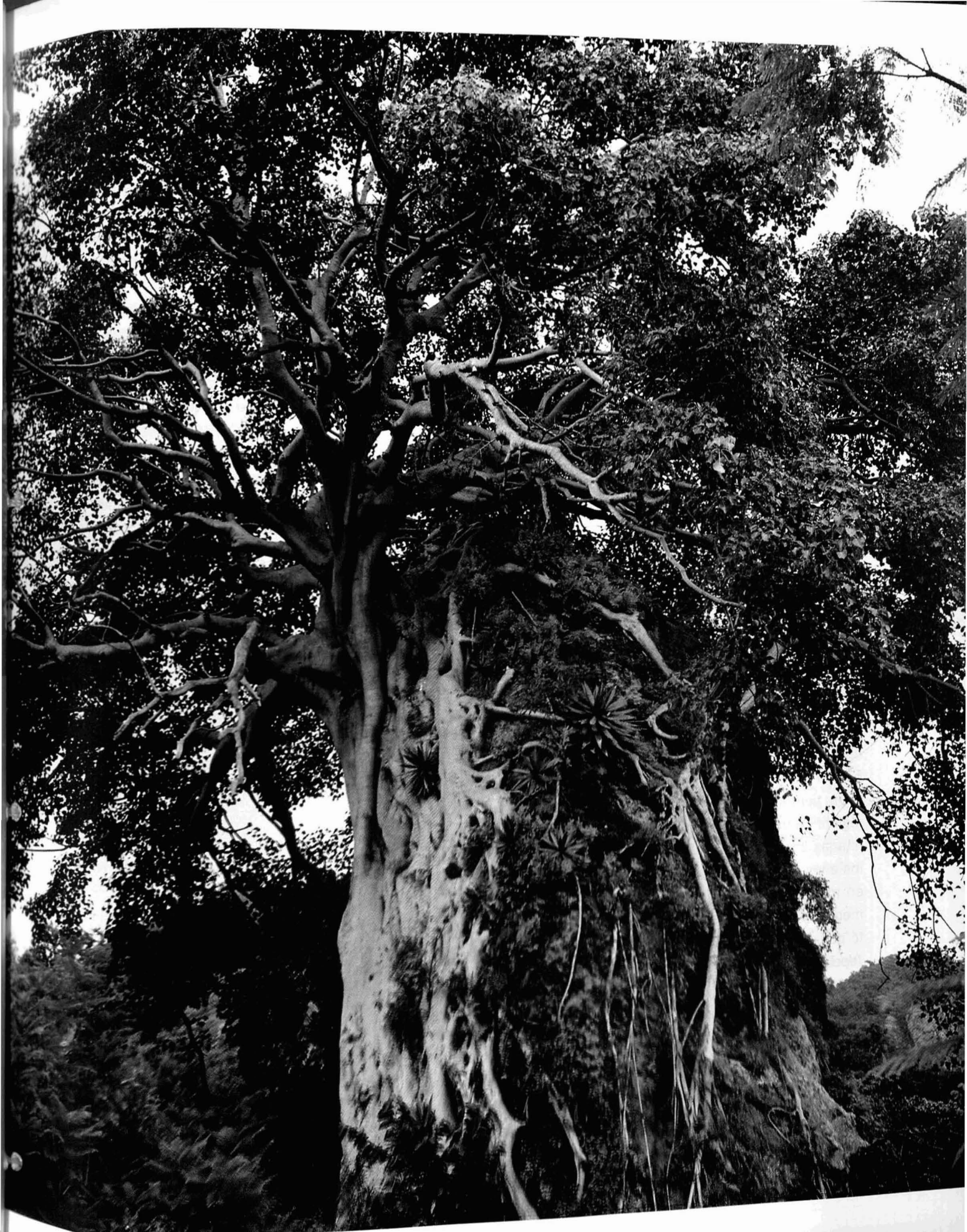
Mirar el norte de Morelos es mirar sus bosques: pinos, oyameles y encinos juntos y bosques de encinares coronan el estado recorriéndolo de oriente a poniente, para continuarse más allá de sus fronteras hacia el Estado de México y el sur del Distrito Federal. Mirar los bosques de Morelos es también mirar a su gente: los nativos, los fuereños, los de fin de semana, los que salieron buscando mejores opciones, los que están y se reclaman de aquí por derecho, los de siempre.

De la interacción entre bosques y gente, el norte de Morelos se ha ido construyendo a lo largo del tiempo, generando dualidades que lo proyectan de manera disímbola: unas veces tan urbano, otras tan rural. Pero la dualidad no se agota en nuestra percepción. La región tiene una historia marcada por el todo y las partes; por lo que se espera de ella y por lo que cada uno de los territorios que la conforman pretende construir de sí mis-

mo; por la lucha y por la apatía; por la conservación de sus recursos naturales y sus sentidos identitarios, pero también por la destrucción ecológica, el deterioro ambiental y la ruptura de los lazos colectivos.

Mirar el norte de Morelos es mirar sus bosques, decíamos, pero también es no mirarlos. Se han ido acabando desde los años cincuenta del siglo xx; a ratos de manera lenta y silenciosa; a ratos con ruido y a un ritmo acelerado, como en las últimas décadas. Es por ello que sobre esta región dual, sobre sus bosques y su gente, en especial sobre sus poseedores directos, se centró en los últimos años la atención de las autoridades ambientales federales y estatales pues, más allá de la belleza de sus paisajes y lo pintoresco de sus poblados, la zona posee características ecológicas, edafológicas y altitudinales que hacen de ella un área estratégica para la recarga de acuíferos de la propia entidad morelense, pero también del Distrito Federal. Esto es, los bosques del norte de Morelos son hoy concebidos como importantes proveedores de servicios ambientales, y los comuneros que poseen derechos de

* Investigadora del CRIM de la UNAM



tenencia sobre ellos están oficialmente obligados a garantizarlos a través de su conservación.

No es la primera vez que esta región, y con ella su gente y su devenir, queda sometida a las demandas externas; la historia del acceso, uso, manejo y degradación de sus recursos naturales ha sido escrita, sin duda, desde los ámbitos locales, pero con trazos moldeados en buena medida desde el exterior. Veamos esto brevemente.

LA HISTORIA: TRIBUTOS, PROHIBICIONES, CONCESIONES, SAQUEOS Y OBLIGACIONES

La presencia de bosques templados ha sido un elemento clave para la vinculación de esta región montañosa con la dinámica económica y política, tanto estatal como nacional, en diferentes periodos históricos. Antes de la conquista española, los pueblos del norte de Morelos tributaban leña, morillos, vigas y tablas a Tenochtitlán, cuando estaban bajo el dominio de la Triple Alianza.¹ Durante la Colonia, los bosques fueron también fuente de recursos, en especial de leña, para los ingenios azucareros españoles ubicados en Cuernavaca; y en el siglo XIX, postes y durmientes para el ferrocarril construido durante el porfiriato salieron también de ellos.

Tras la revolución de 1910, las comunidades agrarias del norte de Morelos fueron reconocidas por el Estado mexicano como legítimas poseedoras de bosques, tierras y aguas en los diversos territorios de la región; y a través de las cooperativas forestales comunitarias impulsadas por Miguel Ángel de Quevedo en los años veinte, la explotación de los bosques quedó en manos locales,² aunque no por mucho tiempo. A mediados de los años treinta, Lázaro Cárdenas decretó parques nacionales a las lagunas de Zempoala y el Tepozteco,³ prohibiendo con ello cualquier tipo de explotación comercial de sus recursos.

Este impulso conservacionista, sin embargo, tampoco duró mucho. Diez años más tarde, tras la Segunda Guerra Mundial, el régimen de Miguel Alemán modificó la extensión del parque nacional Lagunas de Zempoala, reduciéndola, y concesionó la explotación de los bosques de Huitzilac, los de Coajomulco y los de Tlalnepantla a la empresa papelera Loreto y Peña Pobre, por considerar que el desarrollo de la industria era objeto

de interés público. Desde ese momento y hasta mediados de la década de los setenta, los bosques de esta región estuvieron en manos de contratistas externos, que los explotaron y pagaron a las comunidades el “derecho de monte”,⁴ que a decir de algunos autores representaba tan sólo uno por ciento del total del valor de la madera extraída.⁵

La presencia de contratistas repercutió de manera directa no sólo sobre los bosques, en los cuales no hubo otro manejo que no fuera el extractivo, sino también sobre la organización social y política de las comunidades y sobre el imaginario que ellas tenían de sus recursos. Por un lado, los pagos por derecho de monte, aunque exigüos comparados con las ganancias de las compañías papelera y madereras, fueron suficientes para crear una red de corrupción entre autoridades locales y contratistas, generando grupos de poder local en algunas comunidades y erosionando, con ello, las estructuras organizativas y las instituciones normativas y de gobierno comunitarias que regulaban internamente el acceso y aprovechamiento de los recursos. Por otro lado, los bosques, que habían sido concebidos hasta entonces por sus poseedores como un espacio de vida y como fuente de ingresos complementarios para las economías domésticas, se transformaron en una mercancía, en el lugar donde ya no sólo se vive, sino del que se vive.

Hacia finales de la década de los ochenta, la era de las concesiones forestales había llegado a su fin, pero un nuevo proyecto de interés público marcaría una vez más el destino de los bosques y las comunidades agrarias del norte de Morelos: la conservación ecológica. El 30 de noviembre de 1988 fue creada el área natural protegida Corredor Biológico Chichinautzin, en una superficie de poco más de 60 mil hectáreas, que integra los dos parques nacionales ya existentes a través de un área de protección de flora y fauna,⁶ y abarca prácticamente el norte de la entidad.

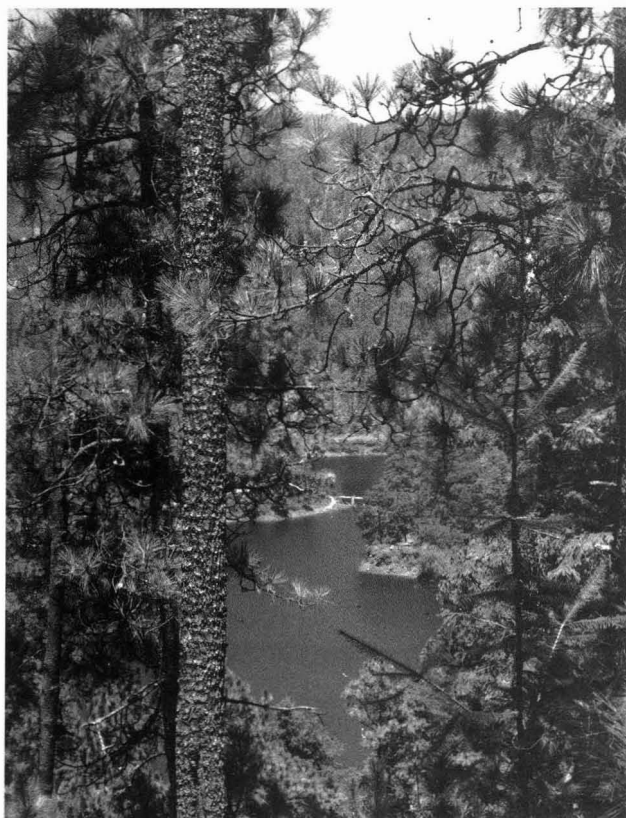
Así, de proveedora de bienes hacia el exterior, como lo fue durante mucho tiempo —cuando se concebía que los recursos naturales eran inagotables—, la zona pasó a ser proveedora de servicios ambientales, y sus bosques son ahora objeto de conservación por decreto presidencial. Al igual que cuando fueron concesionados para su explotación comercial, en esta ocasión las co-

munidades tampoco fueron consultadas para el establecimiento del área protegida en sus territorios; sin embargo, a diferencia de otras veces, cuando los núcleos agrarios eran considerados como entes pasivos de las disposiciones externas, esta vez se estipula que ellos deben jugar un papel protagónico en el nuevo proyecto que se le asigna a sus territorios.

DE BOSQUES, COMUNEROS Y COMUNIDADES

EN LA NUEVA ERA TRIBUTARIA

El norte de Morelos es una región dual, y en la dualidad se ha ido construyendo. Con la anuencia oficial se fomentó la explotación privada de sus bosques en el siglo pasado, en aras del “desarrollo industrial”; hoy, paradójicamente, las mismas voces hablan de la “degradación ecológica” y apuntan el dedo acusador hacia sus poseedores directos. Y tienen razón, pues son los comuneros quienes hoy talan los bosques comunales, pero también son ellos quienes los protegen, los reforestan, los limpian y apagan los incendios, poniendo en riesgo su vida.



El norte de Morelos es una región dual, y en la dualidad se mueve. Sus bosques están degradados y seriamente amenazados, pero no todos, y no del todo. Coexisten en la misma región grupos de comuneros que han hecho de la tala y el saqueo ilegal de los recursos su *modus vivendi*, a expensas de los otros y de ellos mismos, pues su futuro está amenazado; pero están también aquellos cuya apuesta se finca en el aprovechamiento regulado de sus bosques y en la conservación de su patrimonio natural, pues lo que está en juego no son sólo sus recursos, sino su propio proyecto identitario.

La condición estratégica de esta zona en tanto reguladora del ciclo hidrológico y área de recarga de acuíferos no puede ignorarse ni modificarse, pero la demanda que sobre ella se hace desde el exterior debe cambiar el tono, pues durante siglos se ha hecho del norte de Morelos una región tributaria por el mero hecho de existir. Tal vez éste sea el momento para no sólo mirar los bosques de la región, sino también para escuchar a su gente. ☼

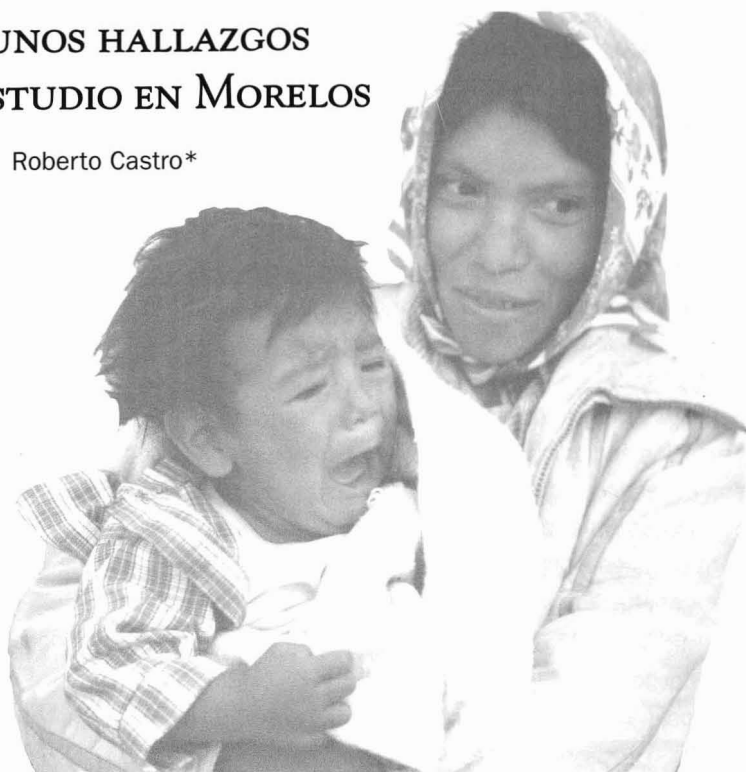
NOTAS

- ¹ Brígida von Mentz, “Cuauhnáhuac, Ocuilán y Xalatlaco en los siglos XVI y XVII. El impacto de las transformaciones sociales sobre los recursos naturales de las montañas ubicadas al norte de Cuernavaca”, ponencia presentada en la mesa redonda *El norte de Morelos: ¿una región?*, CRIM-UNAM, Cuernavaca, septiembre de 1998.
- ² La historia de las cooperativas forestales comunitarias varía de comunidad a comunidad; sin embargo, la mayoría de ellas representaron una enorme fuente de conflictos internos. Cfr. María Fernanda Paz Salinas, *Entre el interés público, los intereses privados y los intereses colectivos. Los dilemas de la participación ciudadana en el Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos*, CRIM-UNAM, Cuernavaca, en prensa.
- ³ Ambos parques fueron decretados así, respectivamente, en 1936 y 1937; el primero se encuentra en el territorio de la comunidad agraria de Huitzilac y el segundo, en la comunidad agraria de Tepoztlán.
- ⁴ Dado que los bosques son de propiedad comunal, el “derecho de monte” es el pago que se hace a la comunidad por usarlos con fines comerciales. Los contratistas lo tenían que hacer cuando los bosques estaban concesionados, y los propios comuneros lo tienen que realizar actualmente cuando obtienen un permiso de explotación forestal.
- ⁵ Cuauhtémoc González Pacheco, *Los bosques de México y la banca internacional*, IIE Cuernavaca-UNAM, México, 1995, pág. 47.
- ⁶ El Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin tiene una extensión, según marca el decreto, de 37 mil 302.4 hectáreas, mientras que los dos parques nacionales suman 28 mil 790 hectáreas.

¿AUMENTA O DISMINUYE LA VIOLENCIA CONTRA LAS MUJERES DURANTE EL EMBARAZO?

ALGUNOS HALLAZGOS DE UN ESTUDIO EN MORELOS

Roberto Castro*



I. INTRODUCCIÓN

La violencia contra las mujeres constituye una de las más crudas expresiones de la desigualdad de género. La violencia durante el embarazo es una de sus formas particulares. La literatura reciente sobre el problema de la violencia contra las mujeres ha insistido sobre la necesidad de estudiar si la violencia se incrementa o si disminuye durante el embarazo.¹ Esta necesidad es urgente en el caso de México, donde tal relación permanece inexplorada. En otros países hay estudios que muestran que el maltrato a la mujer es un hecho frecuente que puede empezar o empeorar durante el embarazo. En este artículo se presentan algunos resultados de una investigación realizada por el autor en Morelos, cuyo objetivo central fue comparar la prevalencia y la severidad de la violencia durante el embarazo y durante el año previo. El detalle de estos hallazgos está publicado en otras fuentes.²

* Investigador del CRIM de la UNAM

II. MÉTODOS

Durante 1998 y 1999 se realizó una encuesta entre mujeres que se encontraban en el tercer trimestre de embarazo y que acudieron a control prenatal a diversos centros de salud tanto de la Secretaría de Salud del estado de Morelos como del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) del mismo estado. El estudio se realizó en los municipios de Cuernavaca y Cuautla.

Se determinó un tamaño mínimo de muestra de alrededor de 400 mujeres por institución, con un nivel de confianza de 95 por ciento. Los criterios de inclusión fueron: a) mujeres embarazadas cursando el tercer trimestre de embarazo; b) que estuviesen siendo atendidas en consulta prenatal en los centros de salud seleccionados, y c) que hubieran aceptado participar voluntariamente en esta investigación. A todas las mujeres se les explicó el objetivo y la naturaleza de la investigación y se les ofreció información sobre instituciones donde podían obtener apoyo legal y psicológico si así lo deseaban.

Se elaboró un cuestionario que exploraba los siguientes aspectos: a) datos generales de la entrevistada (edad, lugar de nacimiento, historia de parejas, fecundidad, ocupación, alcoholismo); b) historia de violencia durante la infancia (de la entrevistada y su pareja); c) violencia *antes* y *durante* el embarazo (tipos, circunstancias y gravedad).

Para la medición de la violencia el autor realizó una adaptación de las escalas "Index of Spouse Abuse",³ y "Severity of Violence Against Women Scale".⁴ De esas escalas se seleccionaron 11 ítems para violencia física, tres para violencia sexual y 12 para violencia emocional. Con los 26 ítems de violencia seleccionados se construyó y validó, de manera independiente, una escala de severidad de la misma. El detalle de esta metodología puede consultarse en otras fuentes.⁵

III. RESULTADOS

Del total de las mujeres entrevistadas, 93 por ciento eran casadas o unidas. El promedio de edad de las mujeres fue de 25 años, mientras que el de sus parejas fue de 28. El promedio de escolaridad para las mujeres fue de 8.56 años y de 8.21 para los hombres ($t=2.49$, $p<.05$). El promedio de hijos de las mujeres entrevistadas fue de 1.12. Del total de las mujeres entrevistadas, casi 77 por ciento reportó estar dedicada a las labores del hogar, mientras que cerca de 16 por ciento reportó contar con algún tipo de trabajo formal, ya sea como empleadas o como obreras. El porcentaje restante cuenta con algún tipo de trabajo más informal (empleada doméstica, vendedora ambulante, etc.). Por su parte, un alto porcentaje de las parejas de estas mujeres labora como empleado o como obrero (60 por ciento), o como albañil (38 por ciento).

Prevalencia de la violencia, general y por tipos, antes y durante el embarazo

A nivel general, la prevalencia de *violencia total* (combinando los tres tipos) fue muy semejante antes y durante el embarazo: 24.4 por ciento y 24.6 por ciento respectivamente (cuadro 1). De hecho, no existe diferencia estadísticamente significativa entre estas dos prevalencias ($\chi^2=.0118$, $p>.05$). Algo muy semejante ocurre cuando examinamos los tres tipos de violencia por separado en la población entrevistada: la *violencia*

física pasó de una prevalencia de 12.1% antes del embarazo a una de 10.6% durante el mismo, sin que ello refleje una diferencia significativa ($\chi^2=1.2155$, $p>.05$); la *violencia emocional* pasó de una prevalencia de 18.2 por ciento antes del embarazo a una de 20.5 por ciento durante el embarazo; y la *violencia sexual* pasó de una prevalencia de 9.9 por ciento a otra de 8.1 por ciento durante el embarazo. Como en el caso anterior, estas diferencias no son significativas estadísticamente (respectivamente: $\chi^2=1.5483$, $p>.05$; y $\chi^2=1.7148$, $p>.05$).

Estas prevalencias, sin embargo, incluyen tanto a los casos de mujeres que reportaron haber sufrido violencia *esporádicamente* (al menos un evento de violencia), como aquellos casos de mujeres que sufren violencia *sistemáticamente*. Como hemos señalado en otros trabajos,⁶ así medida la prevalencia resulta un indicador poco preciso y, por ende, poco útil, apenas indicativo, de la complejidad de la violencia contra las mujeres embarazadas. Si restringiéramos nuestro análisis sólo a ese indicador, tendríamos que concluir simplemente que el embarazo no hace mayor diferencia en relación con la violencia que sufren las mujeres.

Variaciones en el índice de violencia

Con el índice de violencia construido para esta investigación, es posible apreciar mejor la dinámica del fenómeno de la violencia y los cambios que la misma experimenta antes y durante el embarazo. El cuadro 2 presenta en detalle esta información. En él se presenta el índice promedio de violencia, general y por tipos, que se registró para la población estudiada. Hay que señalar que se trata de un índice transformado a una escala del 1 al cien, donde el valor máximo, o sea el cien, corresponde al máximo valor registrado, o sea a la violencia total antes del embarazo ($i=32.42$). La comparación de cualquiera de los demás valores respecto a éste permite encontrar el valor que les corresponde dentro de esa escala.⁷

En el cuadro 2 se aprecia, en primer lugar, que al considerar al total de las mujeres entrevistadas ($n=914$), el índice medio de violencia total *antes del embarazo* (4.44) no cambió significativamente en comparación con el índice medio de violencia total *durante el embarazo* (4.10; $t=-1.073$, $p>.05$), lo que parecería confir-

mar el hallazgo reportado más arriba en el sentido de que el embarazo no representa una diferencia significativa. El uso de este índice, sin embargo, nos permite apreciar variaciones importantes que la mera prevalencia no nos deja ver. Así, se observa que la violencia física, en términos del índice de severidad, disminuyó significativamente durante el embarazo ($t=-2.847$, $p<.05$). Esto indica que el embarazo parece funcionar como factor de protección respecto a la severidad de la violencia física, pues se asocia con una disminución de su severidad en comparación con la que experimentan las mujeres en el año anterior. La violencia sexual también disminuyó significativamente en su severidad ($t=-2.019$, $p<.05$).

La severidad de la violencia emocional, en cambio, no reporta variaciones significativas ($t=1.75$, $p>.05$), por lo que puede afirmarse que en la población en su conjunto este tipo de violencia no varía en función del embarazo.

Si tomamos en cuenta únicamente a la población que sufrió alguna forma de violencia *durante el embarazo*, las tendencias resultan consistentes con lo anterior, en el sentido de que la severidad de la violencia emocional se comporta de manera independiente de la severidad de las otras dos formas de violencia (física y sexual). En la mitad inferior del cuadro 2 se aprecia que existe un incremento en la violencia total casi significativo ($t=1.919$, $p=0.56$). Este cambio no está dado por un aumento de la violencia física ni sexual, sino por un incremento de la violencia emocional ($t=4.752$, $p<.001$).

Cambios de condición y zonas del cuerpo golpeadas

Otro hallazgo importante se refiere a la proporción de mujeres que cambiaron de *status* (con violencia o sin violencia) al quedar embarazadas. Casi un tercio de las mujeres que reportaron violencia durante el embarazo ($n=135$) no la tuvieron antes del mismo. Esto parecería apoyar la hipótesis de que la violencia tiende a aparecer o a incrementarse durante el embarazo. Sin embargo, también se registraron cambios en la dirección opuesta: 44 por ciento de las mujeres que reportaron haber sufrido violencia durante el año anterior al embarazo ($n=160$) señalaron que durante el embarazo la misma se detuvo. Los datos, entonces, sugieren que

Cuadro 1
Comparación de prevalencias de violencia de género contra las mujeres, antes y durante el embarazo ($n=914$)

Tipo de violencia (V)	Prevalencia (%)	chi cuadrada	P
V. total en el embarazo	24.62	0.0118	0.913
V. total antes del embarazo	24.4		
V. física en el embarazo	10.61	1.2155	0.27
V. física antes del embarazo	12.12		
V. emocional en el embarazo	20.46	1.5483	0.213
V. emocional antes del embarazo	18.16		
V. sexual en el embarazo	8.1	1.7148	0.19
V. sexual antes del embarazo	9.85		

Fuente: R. Castro, "Encuesta sobre violencia contra mujeres embarazadas en Morelos", 1998

el embarazo puede estar asociado con cambios significativos (en ambas direcciones) en el patrón de violencia al que están expuestas las mujeres.

Un último hallazgo revelador se refiere a las zonas del cuerpo de la mujer que son golpeadas durante el embarazo. De acuerdo con la información recabada, *durante el embarazo* las mujeres son golpeadas en primer lugar en los brazos (63 por ciento del total de mujeres que reportó violencia física en el embarazo); en segundo lugar, en la cabeza, cara y cuello (57 por ciento);⁸ en tercer lugar, en las piernas (37 por ciento); en cuarto lugar, en los hombros y espalda (27 por ciento); en quinto lugar, en el estómago y el vientre (14 por ciento). Para otras zonas del cuerpo se reportaron porcentajes menores. Conviene destacar que estas proporciones son equivalentes a las reportadas en relación con la violencia *antes del embarazo*. Los datos señalan, entonces, que el embarazo no parece ser un factor que "redirija" los golpes a alguna zona del cuerpo en específico. En este sentido, la noción de que durante el embarazo se incrementan los golpes al vientre carece de sustento en este estudio.

IV. CONCLUSIONES

¿Aumenta o disminuye la violencia contra las mujeres durante el embarazo? La respuesta es compleja porque el problema también lo es. En términos de *prevalencia*, la violencia permanece igual. En términos de *severidad*, considerando sólo a las mujeres que sufrieron



Foto: Ricardo María Garibay

Cuadro 2
Variaciones en el índice de violencia, general y por tipos, antes y durante el embarazo.
Población total y población con violencia en el embarazo

	Media	SD	Diferencias medias	T	Sig	Interpretación
Población total (N = 914)						
V. total en el embarazo	4.10	11.78	-0.35	-1.073	0.284	No cambió
V. total antes del embarazo	4.44	12.69				
V. física en el embarazo	1.17	4.38	-0.47	-2.847	0.005	Disminuyó
V. física antes del embarazo	1.65	5.82				
V. emocional en el embarazo	2.31	6.53	0.29	1.75	0.08	No cambió
V. emocional antes del embarazo	2.02	6.09				
V. sexual en el embarazo	0.62	2.46	-0.16	-2.019	0.044	Disminuyó
V. sexual antes del embarazo	0.78	2.69				
Población con violencia en el embarazo (n=224)						
V. total en el embarazo	16.72	18.86	2.12	1.919	0.056	Aumentó
V. total antes del embarazo	14.60	20.37				
V. física en el embarazo	4.77	7.84	-0.64	-1.031	0.304	No cambió
V. física antes del embarazo	5.41	9.98				
V. emocional en el embarazo	9.41	10.38	2.64	4.752	0.0001	Aumentó
V. emocional antes del embarazo	6.76	9.79				
V. sexual en el embarazo	2.54	4.45	0.11	0.419	0.675	No cambió
V. sexual antes del embarazo	2.43	4.40				

Fuente: R. Castro, "Encuesta sobre violencia contra mujeres embarazadas en Morelos", 1998

alguna forma de violencia en el embarazo, aumenta la violencia emocional, pero la severidad de la violencia física y sexual permanece constante. O bien, considerando al total de las mujeres entrevistadas (y no sólo a las que sufrieron violencia en el embarazo), la severidad de la violencia emocional se mantiene constante, mientras que la severidad de la violencia física y sexual disminuye. En términos de *status* frente a la violencia, el embarazo sí es un factor de cambio muy significativo pero ambivalente: una alta proporción de mujeres que no sufrían violencia antes del embarazo comienzan a tenerla a partir del mismo, al mismo tiempo que una proporción incluso mayor de mujeres que sí sufrían violencia antes del embarazo dejan de tenerla en este periodo. Finalmente, en términos de *partes del cuerpo que son golpeadas*, el embarazo no parece ser factor de cambio: las mismas proporciones se registran para antes del embarazo y durante el mismo.

Es importante destacar el hallazgo reportado en esta investigación, en términos de la magnitud de la prevalencia de violencia contra las mujeres tanto durante el embarazo como en el año previo (en ambos casos, casi



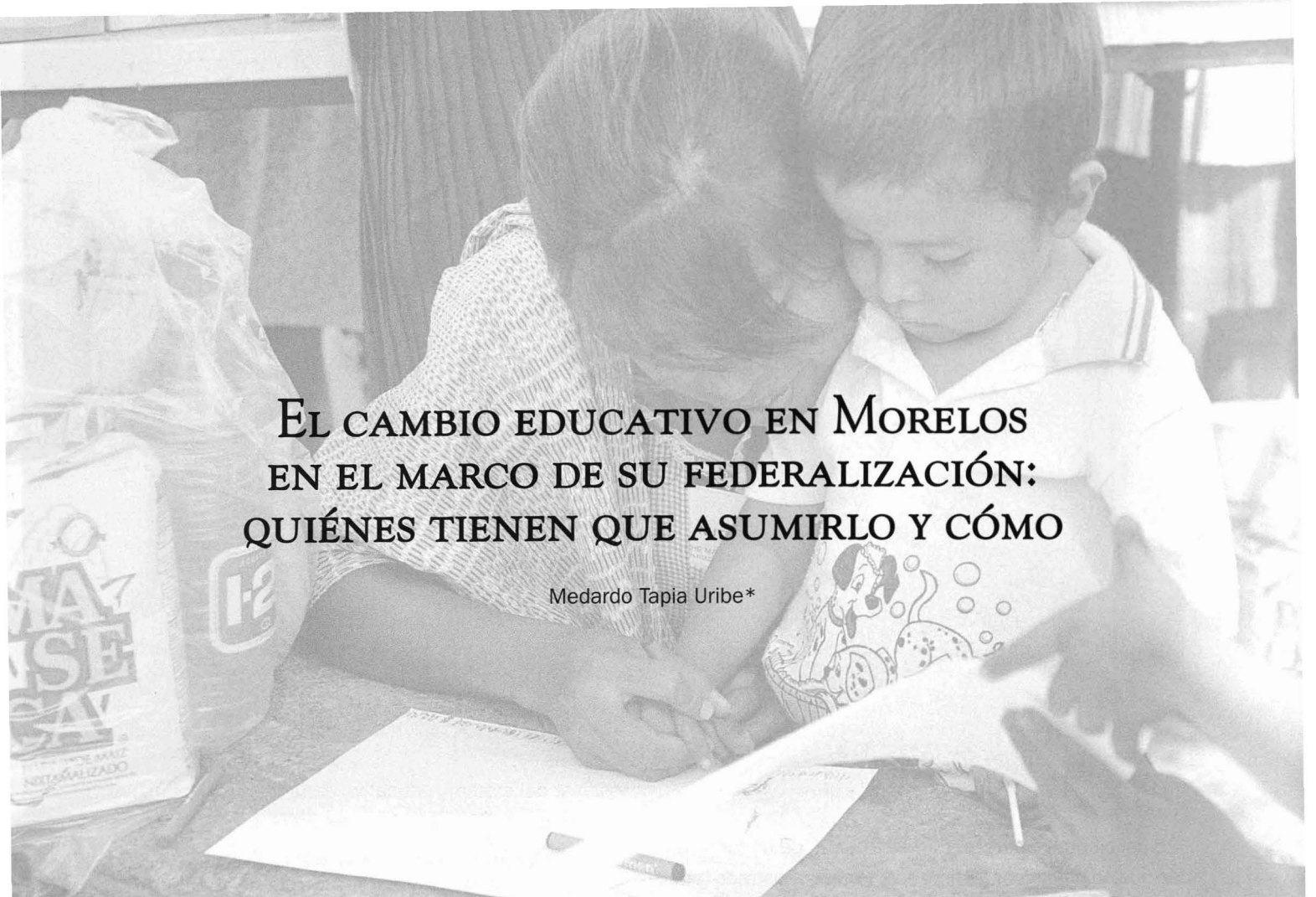


25 por ciento). Se trata, evidentemente, de un fenómeno que no puede ser minimizado. Hemos mostrado también que la violencia emocional (alrededor de 20 por ciento de prevalencia) predomina por encima de los otros dos tipos de violencia, física y sexual (alrededor de diez por ciento). Si bien la diferenciación entre los diversos tipos de violencia siempre resultará problemática (toda vez que, por ejemplo, cualquier forma de violencia física presupone también la violencia emocional), es importante hacer este esfuerzo analítico para conocer mejor la complejidad de este fenómeno.

Es necesario realizar más estudios, preferentemente de base poblacional, que permitan confirmar o refinar los hallazgos reportados en este trabajo. También es impostergable iniciar la investigación que permita comparar la violencia durante el postparto con la ocurrida durante y antes del embarazo: la verdadera diferencia en términos de prevalencia y severidad puede estar en estos periodos. Y es crucial impulsar la investigación centrada en los varones que ejercen la violencia, y en los vínculos de pareja que favorecen la violencia. Sólo en la medida en que entendamos la violencia como un problema de *género* estaremos en condiciones de dar con nuevos hallazgos relevantes. ☼

NOTAS

- ¹ J. A. Gazmararian et al., "Violence and reproductive health: current knowledge and future directions", *Maternal and Child Health Journal*, vol. 4, núm. 2, 2000, págs. 79-84.
- ² R. Castro y A. Ruiz, "Violencia contra mujeres embarazadas en el estado de Morelos: hallazgos preliminares", en P. López, B. Rico, A. Langer y G. Espinoza (comps.), *Género y política en salud*, SSA-UNIFEM, México, 2003, págs. 389-405; R. Castro et al., "Violencia contra mujeres embarazadas entre las usuarias del Instituto Mexicano del Seguro Social: un estudio sobre determinantes, prevalencia y severidad", *Papeles de Población*, vol. 8, núm. 31, 2002, págs. 243-266; Castro R. et al., "Developing an index to measure violence against women for comparative studies between Mexico and the United States", *Journal of Family Violence*, 2003, en prensa.
- ³ W. Hudson y S. McIntosh, "The assessment of spouse abuse: two quantifiable dimensions", *Journal of Marriage and the Family*, vol. 43, núm. 4, 1981, págs. 873-885.
- ⁴ L. S. Marshall, *Journal of Family Violence*, vol. 7, núm. 2, 1992, págs. 103-121.
- ⁵ C. Peek-Asa et al., "Severity of Intimate Partner Abuse Indicators as Perceived by Women in Mexico and the United States", *Women & Health*, vo. 35, núm. 2-3, 2002, págs. 164-180; Castro R., C. Peek-Asa y G. A. Ruiz, "Violence against women in Mexico. A study of abuse before and during pregnancy", *American Journal of Public Health*, vol. 93, núm. 7, 2003, págs. 1110-1116.
- ⁶ Castro R. y F. Riquer F., "La investigación sobre violencia contra las mujeres en América latina: entre el empirismo ciego y la teoría sin datos", *Cadernos de Saúde Pública* (Brasil), vol. 19, núm. 1, 2003, págs. 135-146.
- ⁷ Castro R. et al., "Developing..."
- ⁸ Estos porcentajes no suman 100 por ciento, porque una misma mujer puede reportar golpes en diferentes partes del cuerpo.



EL CAMBIO EDUCATIVO EN MORELOS EN EL MARCO DE SU FEDERALIZACIÓN: QUIÉNES TIENEN QUE ASUMIRLO Y CÓMO

Medardo Tapia Uribe*

La descentralización del sistema de educación básica y normal en México, formalizada en 1992 y conocida como federalización, se inició mucho tiempo antes, desde 1970, y con ello antecedió casi tres décadas a los resultados históricos de las elecciones del 2000. Esto es importante porque ambas situaciones están muy relacionadas con la gestión de los sistemas de educación básica de las entidades federativas del país, incluyendo la de Morelos.

Si bien la descentralización del sistema de educación básica del país fue un largo proceso, no concluyó con el acuerdo de su “federalización”. Por el contrario, a la firma de este acuerdo se inició simbólicamente una serie de reformas e innovaciones educativas en las 31 entidades federativas, que posiblemente se habían estado fraguando y, en algunos casos, hasta se habrían desarrollado. Morelos era uno de los dos estados del país cuya gestión era “coordinada” por la fede-

ración. Esto no le permitió responsabilizarse de muchos aspectos de la gestión de su propio sistema de educación básica, lo cual se convirtió en desventaja al tener que hacerlo.

Estas reformas de los sistemas de educación estatales han sido muy heterogéneas. Podría afirmarse, incluso, que respondieron a la conjunción de las capacidades de cada entidad federativa para asumir su responsabilidad sobre su propio sistema educativo institucional, política, social y hasta financieramente. En este conjunto de elementos destacan las capacidades institucionales y los acontecimientos políticos vinculados con el proceso de transición política antes mencionado. Se ha documentado para Latinoamérica que ambos tipos de problemas fueron determinantes en el éxito y en el fracaso de las reformas educativas.¹ En un análisis de las reformas educativas de la última década, los problemas políticos se reconocen entre los más agudos en cuanto a la renuencia de las autoridades para asumir sus responsabilidades y en cuanto a la reacción de los sindicatos de maestros.² Como era

* Investigador del CRIM de la UNAM

de esperarse, algunas derrotas electorales del PRI por los congresos y gobierno estatales, antes de su gran derrota electoral en las elecciones presidenciales de 2000, también influyeron en las reformas educativas de cada entidad federativa. Las victorias de los partidos de oposición que los llevaron al gobierno estatal intervinieron de manera muy poderosa en las iniciativas de reformas educativas estatales, lo cual, desde luego, nunca fue garantía de que éstas fueran exitosas, sino de una gran movilización, debate y negociación sobre los problemas educativos y su política estatal.

Hasta antes de estos acontecimientos, bajo un régimen autoritario centralizado presidencial, y de un partido hegemónico, poco había que debatir y negociar en torno a una visión más plural de la educación y de la sociedad. Esto no significa que desde la SEP no se negociara con el Sindicato Nacional de Trabajadores de la Educación, el más poderoso interlocutor del gobierno federal desde su creación, paralelo al proyecto de centralización de la educación nacional y de su crecimiento.

Sin embargo, por todas estas razones la política educativa federal era también la estatal de cada entidad federativa, aun con los matices que el poder y la capacidad de cada entidad lograba introducir. Cabe destacar, sin embargo, que la política educativa nacional fue también evolucionando después de la federalización. El Programa Nacional de Educación dio un gran giro hasta colocar la escuela como el centro de gravedad del sistema educativo,³ junto con el aula, donde deben ocurrir los cambios más importantes.

MORELOS Y SU SISTEMA DE EDUCACIÓN BÁSICA

Para el año 2000, el estado de Morelos contaba con un millón 555 mil 296 habitantes, concentrados en tres municipios que tienen más de cien mil habitantes: Cuernavaca, con 327 mil 162; Jiutepec, con 142 mil 469, y Cuautla, con 138 mil 932 habitantes.⁴ En conjunto, estos municipios concentran a cerca de 40 por ciento de la población. La población menor de 14 años era de 500 mil 492 habitantes, casi un tercio de la misma. La población entre seis y 14 años de edad que asistía a la escuela era de 91.4 por ciento, muy similar al porcentaje nacional. Sin embargo, este porcentaje de asistencia sólo creció 2.95 por ciento en la última década, la mitad de lo que creció a escala nacional (6.2 por ciento) en ese mismo periodo.

Para el ciclo 2000-2001 asistían a la escuela primaria 218 mil 743 niños y 88 mil 104 a secundaria, que junto con educación preescolar, especial, inicial e indígena representaban 78.5 por ciento de la matrícula escolar del sistema educativo de Morelos de todos los niveles educativos. Los jóvenes entre 15 y 24 años de edad eran los menos atendidos de la entidad, pues sólo asistían a la escuela 74 mil 522, y quedaban fuera del sistema educativo 220 mil, de los cuales, además de no asistir a la escuela, 85 mil no trabajaban.⁵

El mayor problema de equidad de acceso se presenta también en los municipios y regiones económicamente más pobres de la entidad. Mientras que en los municipios que rodean Cuernavaca, Cuautla, Yautepec y Jojutla para el año 2000 asistía a la escuela más de 80 por ciento de los jóvenes de 14 años de edad, en los municipios del oriente y del poniente sólo asistía 73 por ciento de ellos. En el oriente y en el poniente de Morelos se han concentrado los municipios más pobres desde hace más de 30 años.

Morelos es una entidad con un grado medio de marginación en el contexto nacional. Esto lo ubica junto a entidades como Quintana Roo, Sinaloa, Durango, Tlaxcala y Querétaro, así como en mejores condiciones socioeconómicas que las entidades de más alto nivel de marginación, como Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Veracruz e Hidalgo, pero en una situación de desventaja frente a entidades de marginación baja como Tamaulipas, Sonora, Chihuahua y Baja California Sur, Estado de México, Colima y Aguascalientes.⁶

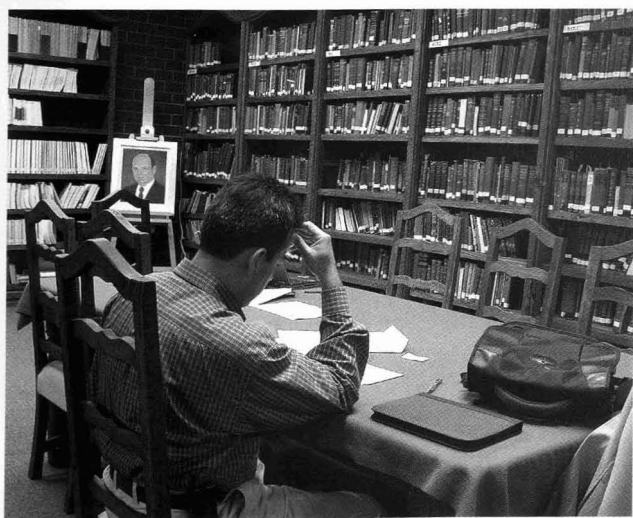


Foto: 3 Ríos

Sin embargo, es conveniente destacar que existen dos situaciones que hacen peculiares a Morelos y que posiblemente influyan en sus índices de equidad y cobertura educativa: el porcentaje de población ocupada con ingreso de hasta sólo dos salarios mínimos, y el porcentaje de población en localidades con menos de cinco mil habitantes.

La pequeña extensión territorial de Morelos —una de las entidades menos extensas del país— y la alta concentración poblacional le dan una de las densidades demográficas más altas de México, sólo después del Distrito Federal y del Estado de México. Por esta razón, junto con Quintana Roo, en el grupo de entidades de nivel medio de marginación Morelos tiene los porcentajes más bajos de población en localidades pequeñas, sólo 24 por ciento, por debajo de la media nacional, que es 31 por ciento. Esto le otorga ciertas ventajas respecto a otras entidades, por ejemplo, para acceder a ciertos servicios, como el de energía eléctrica, pues en el grupo de entidades de marginación media en el país Morelos cuenta con el menor porcentaje de viviendas sin este servicio, sólo de uno por ciento.

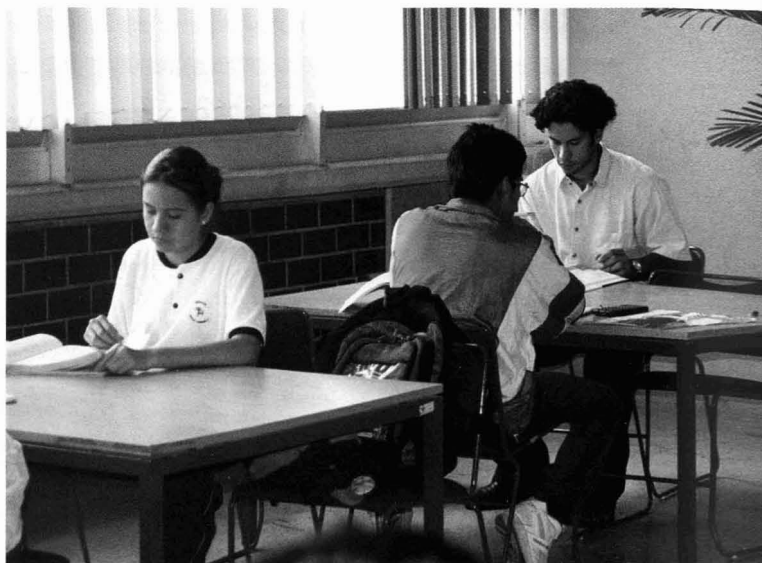
Otra peculiaridad de Morelos, es decir, los ingresos que percibe su población ocupada, lo ubican en situación de desventaja frente a otras entidades. En términos de ingresos, de sólo hasta dos salarios mínimos, la situación de Morelos es peor que la del resto de las entidades de nivel medio de marginación. Morelos, junto con Tlaxcala, superan la media nacional de población ocupada que sólo gana hasta dos salarios mínimos. En Morelos, 54 por ciento de la población percibía este nivel de ingresos.

La población ocupada de todos los municipios de la región surponiente tienen ingresos monetarios bajos —sólo hasta dos salarios mínimos—, en una proporción mayor que la media estatal. Esto significa que más de 60 por ciento de ellos, y en ocasiones arriba de 75 por ciento, son pobres. También con esto vemos que los niveles municipales de escolaridad entre la población mayor de 15 años —en cuanto a haber completado la primaria y el dominio de la lectoescritura— son muy sensibles al nivel de ingresos monetarios bajos. Coatlán del Río y Miacatlán, con los porcentajes más altos de población ocupada con este bajo nivel de ingresos, 77 por ciento, son los municipios con la mayor propor-

ción de población mayor de 15 años sin primaria completa, 44 y 41 por ciento respectivamente. Coatlán del Río, Miacatlán y Mazatepec guardan esta situación de marginalidad desde hace tres décadas.⁷

Lo anterior significa que aunque Morelos ocupe un nivel de marginalidad media y su concentración poblacional le permita mayor acceso a servicios, el nivel de percepciones monetarias de su población ocupada posiblemente influya en su decisión de abandonar la escuela y no seguir estudiando. Esto coincide con la respuesta que dio la población entre siete y 29 años de edad en el censo del 2000, cuando se les pidió que especificaran las causas de deserción de la escuela: 45 por ciento de la población entre diez y 14 años de edad seleccionó “las razones personales”; 28 por ciento, “la necesidad de trabajar para el sostenimiento de su familia”, y sólo cuatro por ciento, debido a la falta de escuela.

En esta situación podemos entender que en esta región poniente, identificada por el Instituto de Educación Básica del Estado de Morelos como Región Alpuyecá, asista a la escuela 11.5 por ciento menos de niños de 14 años que en la Región Cuernavaca; 16 por ciento menos de jóvenes de 15 años de edad; 16 por ciento menos de jóvenes de 16 años, y así sucesivamente, para que en la población de entre 20 y 24 años de edad sea más del doble la gente que asiste a la escuela en la Región Cuernavaca que en la Región Alpuyecá. La Región Cuernavaca comprende a los mu-



nicipios de Cuernavaca, Huitzilac, Jiutepec, Tepoztlán, Temixco y Zapata. Esto se puede entender en función de los menores índices de marginación de esta región.

Para el año 2000, Cuernavaca y Jiutepec eran los municipios del estado de Morelos con el menor índice de marginación socioeconómica. En el municipio de Cuernavaca la proporción de población ocupada que percibe ingresos de hasta dos salarios mínimos es sólo 40 por ciento, y la de Jiutepec, 43 por ciento. Ambas proporciones por debajo de la media estatal, 54 por ciento, y desde luego por debajo de los municipios de la Región Alpuyecá. La diferencia puede ser hasta 37 puntos porcentuales.

Finalmente, la inversión financiera estatal en educación, su estabilidad y su organización nos hablan de su fortaleza, su capacidad de gestión y de la fuerza de los problemas políticos en la atención de sus problemas de equidad y calidad. La inversión estatal de Morelos en educación, hasta el año 2000, la ubicaba entre las últimas seis entidades del país con menor inversión educativa, con 6.6 por ciento del total del gasto público en la entidad y por debajo del promedio nacional, 17.3 por ciento. El Estado de México, Jalisco, Baja California y Nuevo León invierten, proporcionalmente con el gasto total estatal educativo, aproximadamente cinco veces más en educación de lo que se invierte en Morelos.

Esta inversión financiera estatal en educación muestra parte del compromiso de las entidades federativas con su educación, pero también un posible problema en el futuro, pues dentro del Programa para un Nuevo Federalismo (*Diario Oficial de la Federación*, 6 de agosto de 1997)⁸ se plantea “una revisión profunda de los criterios fiscales para distribuir las responsabilidades y descentralizar el gasto público, fortalecer las fuentes locales de ingresos propios y afinar los criterios de distribución de los recursos”.⁹ Esto también significa, según otros datos complementarios, que Morelos recibe más recursos financieros que el esfuerzo financiero que hace; además, de acuerdo con sus necesidades educativas, debería recibir menos recursos que entidades más pobres y con mayores rezagos educativos.¹⁰

Algunas de esas entidades federativas comprometidas con su sistema educativo habían construido mayores capacidades para enfrentar su propio cambio

educativo. Otras se daban cuenta de esta situación y exigían recursos financieros y técnicos o, en su caso, daban marcha atrás en el proceso de descentralización. Tal fue el caso de Oaxaca, en medio de una movilización magisterial que se transformaría en un movimiento disidente del Sindicato Nacional de Trabajadores de la Educación (SNTE), y que duraría más de dos décadas.¹¹

EL PAPEL DEL MAESTRO, EL SNTE, LAS ESCUELAS Y LAS AUTORIDADES EDUCATIVAS ESTATALES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CAMBIO EDUCATIVO

La vecindad de Morelos con la capital del país también fue marcando el desarrollo de la clase política morelense y su forma de enfrentar sus problemas educativos. La carencia de una clase política morelense fuerte se atribuye históricamente, según Lomnitz, al interés del gobierno federal por mantener a “la población de Morelos controlada de cerca”.¹² La debilidad de la clase política morelense también era el resultado histórico y añejo del control y la influencia que se ejercían sobre su economía por personas que no residían en Cuernavaca ni en Morelos. Esto ocurrió desde la época prerrevolucionaria de las haciendas, pero también en la época contemporánea. Por ejemplo, el gerente del ingenio azucarero Emiliano Zapata en Zacatepec, Morelos —el núcleo industrial más importante de la entidad hasta el inicio de la década de 1970—, era un funcionario nombrado directamente por el presidente de la república. Esto comenzó a cambiar lenta y gradualmente, tanto en el terreno económico con la construcción de la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca, como en el terreno político, con la serie de derrotas electorales que fue sufriendo el PRI (1988, 1997 y 2000). Paradójicamente, hasta la clase política priista morelense se fortaleció con esto, incluso cuando el gobernador Jorge Carrillo Olea tuvo que dejar la gubernatura de Morelos, obligado por la ciudadanía y un congreso local mayoritario de oposición. Podríamos afirmar que, hasta estos momentos recientes de la historia económica y política de Morelos, se comenzó a fortalecer la clase política regional.

La representación sindical, como en muchas otras partes del país, confunde intencionalmente sus intereses y los de sus líderes con el interés de los maestros y de la educación. Esto indudablemente la ha fortaleci-

do, pero al costo de relegar la discusión de los verdaderos problemas educativos y de su cambio. Los esfuerzos de profesionalización, capacitación y actualización siguen chocando frontalmente con el reclamo de igualdad para todos los maestros, que terminan haciéndolos laxos, masivos y uniformes, así como pervirtiéndolos y enfrentándolos con los intereses de los maestros en servicio. Igualmente, contra lo que la lógica recomienda pero la práctica impone, se siguen produciendo primero planes y reformas y, después, capacitando, actualizando y formando a los maestros para su aplicación. Y, finalmente, las altas autoridades educativas y sus colaboradores de confianza han reproducido en cada una de las entidades federativas muchas de las formas de actuación y mucha de la relación polarizada que tienen con el SNTE. Morelos no ha sido la excepción.

Sin embargo, en contraposición a este análisis, las respuestas de una muestra probabilística de dos mil 300 maestros, alumnos de quinto y sexto año, supervisores, directores de escuela y jefes de sector del estado de Morelos nos muestran que tanto estudiantes como maestros hacen responsables de los malos resultados académicos de los niños a “la falta de atención de los padres”. Aún más sorprendente resulta, sin embargo, que cuando los padres fueron cuestionados a este respecto, respondieron que existe una falta de comunicación entre los directores de las escuelas y los maestros, por una parte, y por la otra, de los padres. Los padres consideran que hay una falta de una cultura de rendición de cuentas entre directores de escuela y maestros hacia los padres de familia. Estos últimos argumentan que la participación de los padres sólo se solicita para cooperaciones materiales, de dinero o alguna otra cosa. Los maestros alegan, sin embargo, que los padres sólo tienden a concentrarse en este tipo de participación.

La actitud de los maestros ante la participación de los padres y de la comunidad es otro obstáculo. Los maestros consideran que el salón de clase es su territorio exclusivo. Muchas veces es difícil hasta para los directivos de las propias escuelas tener una verdadera injerencia sobre lo que ocurre allí. Sin embargo, al final los maestros reconocen que a los que deben rendir cuentas de lo que ocurre en el salón de clase es a los padres de familia, aunque esto significa darles las calificacio-

nes de sus hijos y reclamarles sobre sus problemas de conducta. Lo extraño, y hasta cierto punto contradictorio, es que los maestros consideran que la mejor manera de que participe la comunidad en la escuela es que se comprometa con los proyectos educativos.

Los estudiantes, por su parte, piensan que una de las maneras de que se mejoren los procesos educativos y su rendimiento académico es incrementando la participación de los maestros. Sin embargo, los directores de las escuelas consideran que esto no es lo más apropiado, pues no les tienen confianza. Los maestros, por su parte, tampoco les tienen confianza a los alumnos de bajo rendimiento académico.

En este aparente callejón sin salida, nos preguntamos: ¿qué sucede con las escuelas que han obtenido los mejores resultados estatales en los exámenes nacionales? Y nos fuimos a investigar qué han hecho y cómo han hecho para enfrentar los juegos de poder que dificultan el cambio educativo, además del problema de responsabilidad y la construcción colectiva de ésta, que conduce a buenos resultados.

En primer lugar, consideran que los directivos deben visitar las escuelas más frecuentemente y dar más libertad a los maestros para proponer iniciativas. Además, los directores deben apoyar estas iniciativas ante la Secretaría de Educación Pública. Estas escuelas también se distinguen por la manera en que enfrentan los problemas de los estudiantes de bajo rendimiento académico. Las escuelas que han salido mejor estatalmente en los exámenes de carrera magisterial hablan con los padres de los alumnos de bajo rendimiento académico, mientras que las escuelas con puntajes bajos en carrera magisterial, simplemente dan mayor cantidad de tarea a los alumnos que van mal.

Sin embargo, nos preguntamos algo más: ¿quién, entonces, dentro de la estructura institucional, debe de enfrentar esta tarea? La respuesta nos la han dado de manera contundente diversos actores de la comunidad educativa nacional. El Programa Nacional de Educación 2001-2006 considera imprescindible “el fortalecimiento de las capacidades estatales y regionales de atención a escuelas e instituciones”, y que esto en la educación básica requiere de la “transformación de la supervisión escolar, dada la importancia que tiene la zona escolar como estructura interme-

dia fundamental, de manera que la supervisión opere como apoyo, con criterio compensatorio, de las escuelas".¹³ Esto coincide con los resultados de una encuesta que hicimos entre 65 integrantes de mesas técnicas del Programa Escuelas de Calidad de 30 entidades del país. Las respuestas de estos apoyos técnico pedagógicos: el papel estratégico de los supervisores. Pero nos dicen por qué: "En la dimensión política, la supervisión es la instancia más importante en la mediación y negociación entre las escuelas y el sindicato. Esto debido a que los directores no cuentan, muchas veces, con las condiciones necesarias ni la autoridad moral para ello". En Morelos, en una investigación en curso con supervisores de escuelas primarias, encontramos que uno de ellos, con mucha sabiduría, nos dijo que las tareas fundamentales de un supervisor son de tres tipos: administrativas, técnico-pedagógicas y políticas. Éste parece ser el punto de partida para la construcción de la calidad y el cambio educativo en Morelos, pero posiblemente también de muchas entidades del país. ☉

NOTAS

- ¹ Marcela Gajardo, "Reformas educativas en América latina. Balance de una década", en *Programa de Promoción de la Reforma Educativa en América Latina y el Caribe* (Santiago de Chile), núm. 15, 1999, pág. 43.
- ² *Ibid.*, págs. 20, 42.
- ³ Secretaría de Educación Pública, *Programa Nacional de Educación 2001-2006*, SEP, México, 2001, págs. 54 y 85.
- ⁴ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2003, página de internet.
- ⁵ Medardo Tapia Uribe, *Papeles de trabajo para la construcción del Programa Educativo Estatal Morelos 2001-2006*, Morelos, 2001.
- ⁶ Consejo Nacional de Población, *Marginación por Entidad Federativa 2000*, México, 2002, págs. 17-20.
- ⁷ Francisco Rodríguez, "El bienestar y los servicios públicos", en David Moctezuma Navarro y Medardo Tapia Uribe, *Morelos, el estado*, Gobierno del Estado de Morelos y Letras, Cuernavaca, 1993, pág. 261.
- ⁸ Pablo Latapí Sarre y Manuel Ulloa Herrero, *El financiamiento de la educación básica en el marco del federalismo*, CESU-UNAM/FCE, México, 2000, pág. 9.
- ⁹ *Idem.*
- ¹⁰ *Ibid.*, pág. 127.
- ¹¹ Francisco José Ruiz Cervantes, "El proceso de federalización educativa en Oaxaca", en María del Carmen Pardo (coord.), *Federalización e innovación educativa en México*, El Colegio de México, México, 1999, págs. 487-546.
- ¹² *Ibid.* pág. 100.
- ¹³ Programa Nacional..., pág. 55.



MEMORIA DEL CAMBIO

¿HACIA UN PLURALISMO MODERADO EN MORELOS?

Morgan Quero*



Adivina un enigma en todo lo que sabes [...] y olvídate de los secretos: son ánforas vacías. Distracciones.

Mejor dale vueltas –muchas vueltas– a lo que ya sabemos.

Allí están los misterios.

Carlos Fuentes, *La silla del águila*

Descifrar y comprender, interpretar y explicar los procesos electorales en México, y en Morelos, se ha vuelto un arte imposible. Todavía más cuando las elecciones se hacen cada vez más competidas y sorprendentes como el caso de las municipales y legislativas estatales en julio del 2003. Y es que Morelos parece ocupar un lugar aparte entre las experiencias locales de transición que se vivieron en el país en los años noventa. A pesar de poseer una amplia historia política, o probablemente por eso, Morelos vivió de forma crítica y caótica su proceso de cambio político. Esta crisis se expresa por la velocidad con la que se desencadenaron los conflictos y se multiplicaron las incertidumbres. Entre 1997 y 2000 se vivió un periodo histórico marcado por la inapelable derrota priista; la difícil experiencia de un gobierno dividido; el aumento de la participación ciudadana tanto en las

urnas como en los movimientos sociales; una crisis de seguridad pública sin precedentes que precipitó la salida del gobernador Carrillo Olea y su sustitución por dos gobernadores interinos más. Todo esto sin olvidar una transición a la “izquierda” (triumfos electorales del PRD) en 1997, que dio lugar a otra, hacia la “derecha” en el 2000.

Al poner en perspectiva el momento político electoral que se vive en el estado es necesario vincularlo con su corolario fundacional: las elecciones generales del 2000.¹ Hace ya mucho lo planteaba claramente Alain Roquié: “La llegada al poder de hombres nuevos [...] puede parecer a la opinión pública [...] como un verdadero cambio de régimen. Cambio efectivo si las políticas seguidas se dirigen a nuevos actores colectivos e implican un reacomodo de las reglas de juego en el campo simbólico o distributivo que afecta el orden mismo de la forma institucional del poder”.²

Si en el 2000 los morelenses votaron por un cambio político, en el 2003 lo hicieron por lo que éste representaba como conquista y ya no como expectativa. El

* Politólogo e investigador del CRIM. Se desempeñó como coordinador del Programa de Estudios sobre el Estado de Morelos entre 1997-2000. Es profesor del curso teoría de la democracia en el posgrado de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM

reacomodo de las reglas de juego, o del orden institucional del poder, derivaba más bien del parteaguas del 2000, y ya no de delegarle a un actor principal la hegemonía en la construcción política democrática. Así, el voto del 2003 puede, eventualmente, replegarse en un abstencionismo militante y perplejo, o expresarse en la fragmentación electoral para construir fronteras de articulación y autonomía en el sistema político entre los nuevos actores.

Del control medido o la coacción directa, el sistema político se ha vuelto, paulatinamente, pluralista y abierto, pero caótico para muchos ciudadanos. Incertidumbre, desencanto y acuerdos son ahora los términos contrapuestos que subyacen a la vida política nacional.³ Y Morelos no es la excepción.

“NO ES LO MISMO EL 2000, QUE TRES AÑOS DESPUÉS”

“Morelos vive el cambio”, reza el eslogan del nuevo gobierno panista del estado. Surgido del voto en las elecciones del 2 de julio del 2000, el gobierno encabezado por Sergio Estrada Cajigal no cesa de reafirmar su legitimidad, con base en las expectativas de cambio

de amplios sectores de la ciudadanía. Pero sus alcances, así como sus contornos, no están del todo claros. Se repite hasta la saciedad un concepto que ha devenido lugar común y, a pesar de ser sinónimo de confusión, parece recrear esperanzas de futuro.⁴

Si en el 2000 el PAN se convirtió de la noche a la mañana en la primera fuerza política de Morelos, el rasgo más llamativo de las elecciones del 2003 fue la paridad electoral de los tres partidos más importantes. En las municipales del 2000, el PAN obtuvo 39 por ciento de los votos, contra 31 por ciento del PRI, y sólo 21 por ciento de la Alianza por México, liderada por el PRD. En el 2003, para las mismas municipales, el PAN obtuvo 29 por ciento de los votos, el PRI 26 por ciento y el PRD 23 por ciento.⁵

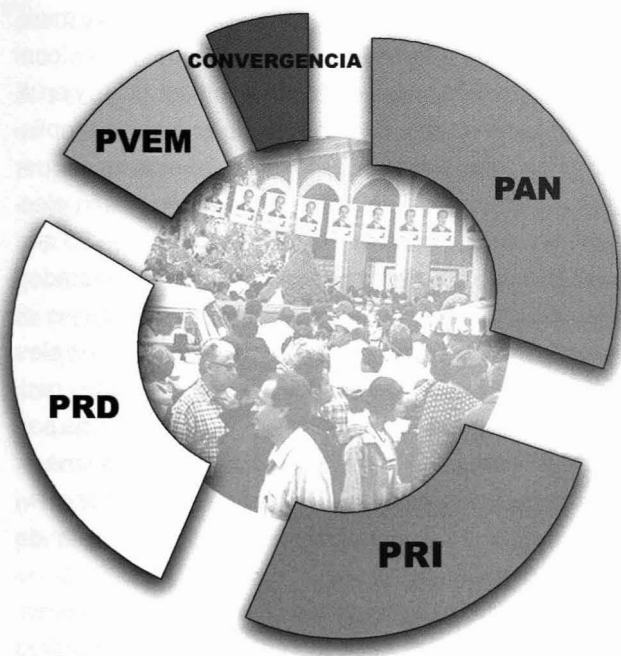
En la elección para el congreso del estado del 2000, de un total de 30 escaños, el PAN logró 15 con 41 por ciento de los votos; el PRI 12 con 29 por ciento, y el PRD tres, plurinominales todos, con apenas 20 por ciento. En el 2003 (véase gráfico 1), para la misma elección, la distancia entre los tres grandes partidos se acortó: 28 por ciento el PAN y sólo nueve diputados; 25 por ciento el PRI y ocho diputados y, muy cerca, el PRD con 23 por ciento y con ocho diputados.

Aunque esta paridad relativa coloca al PAN en el primer lugar de las preferencias electorales en Morelos, no le otorga la mayoría, ni en el Congreso, ni en ninguno de los cabildos de los ayuntamientos que gobernará. Los resultados del 2003 marcan un claro descenso de diez por ciento, a 13 por ciento en la votación a favor del PAN, en comparación con las del año 2000.

Sin duda, el mantenerse como primera fuerza política en el estado está estrechamente ligado a la forma en que el candidato a gobernador por el PAN obtuvo su victoria en el 2000. A pesar de repetir hasta la saciedad que el “efecto Fox” había sido decisivo para el triunfo panista, no había tal cosa. Más bien estábamos ante un fenómeno político que revelaba la importancia de la dinámica política local-estatal, donde el candidato Estrada Cajigal, del PAN, se convertía en el protagonista. Mientras Fox llegó a obtener en Morelos 45 por ciento de los votos, Estrada Cajigal lo rebasó ampliamente con 55 por ciento. Alguien podría afirmar que estábamos ante el “efecto Estrada Cajigal”; punta de lanza simbólico que abonó en provecho del candidato a pre-

Gráfico 1

Conformación del Congreso del Estado de Morelos
2003-2006



sidente, del mismo partido y de todos sus candidatos a puestos de elección en el estado.

Esta amplia legitimidad electoral del PAN lograda en el 2000 le permitió, en el 2003, mantener un liderazgo como partido de gobierno fortaleciéndose, paradójicamente, con el ensanchamiento de las opciones partidarias. La sorprendente irrupción electoral tanto del Partido Verde Ecologista de México (PVEM) con ocho por ciento de la votación para ayuntamientos y nueve por ciento de la votación al Congreso, así como del Partido Convergencia, con seis por ciento de la votación para ayuntamientos y para el Congreso fue el rasgo novedoso del 2003. En el caso del PVEM, había alcanzado apenas dos por ciento de la votación para el Congreso del Estado en el 2000. Por eso, no era descabellado pensar que la consistente votación que obtuvieron ambos partidos “pequeños” era resultado de un realineamiento por parte de un amplio grupo de electores que en el 2000 le habían dado su preferencia a Acción Nacional. Así, los votos perdidos por el PAN entre el 2000 y el 2003 no irían hacia sus partidos rivales. El PRI, a pesar de mantenerse como la segunda fuerza, veía su votación disminuir, y la ligera mejora del PRD podía explicarse por la fidelidad ideológica y la participación más constante de su electorado, entre una elección y otra.

Este panorama nos permite observar una inédita fragmentación del cuerpo electoral en su búsqueda de nuevas alternativas políticas. Pero también nos coloca ante la probable instauración de un sistema político morelense multipartidista, más parecido al que ya existe a nivel federal, que podríamos llamar, con otros,⁶ de pluralismo

moderado. Dicho cambio, por ahora, obedece a una profundización del proceso democrático ya que, al mismo tiempo, legitima la diversidad política y confirma la transformación del sistema político del 2000. Paralelamente, al interior de este pluralismo, el tripartidismo encuentra también su propio límite, al observar su difícil expansión por un lado y, por otro, la imposibilidad de ampliar la hegemonía de uno de los tres partidos ante los otros dos.

“EL VOTO ES SECRETO, POR ESO NO VOTO”

En el pasado, el antiguo régimen priista había incorporado, si no alentado, el abstencionismo. Las elecciones en regímenes autoritarios tienden a anular la competencia y a fomentar el control clientelar,⁷ como ocurrió en Morelos por los menos hasta 1991. Por eso, el voto y la participación ciudadana, particularmente electoral, se convirtieron en un baluarte de la democratización en sí. Siguiendo la feliz expresión de Mauricio Merino, podemos decir que en México asistimos a una “transición votada”. Pero, ¿qué pasa cuando la participación electoral se derrumba, como sucedió en las recientes elecciones de julio del 2003?

En el 2000 la participación electoral en Morelos había alcanzado 63 por ciento, y en el 2003, 49 por ciento. A pesar de su descenso, en Morelos la caída fue menos brusca que en el resto del país. Esto se debía a la tradición política y la dinámica social de los pueblos y municipios del estado, en donde la pugna por el poder local había encontrado en las elecciones competitivas, y en el voto ciudadano, una eficaz forma de expresión ampliamente legitimada desde la sociedad. De este modo, por ejemplo, los municipios en donde la participación electoral superó 60 por ciento en el 2003, en diez de 33 que tiene el estado. Salvo uno, todos fueron conquistados por partidos de oposición al PAN, o sea el PRI, el PRD o, incluso, México Posible. Éstos son municipios rurales con alto grado de marginación y, eventualmente, periféricos. En cambio, el abstencionismo electoral, una participación inferior a 50 por ciento, se manifestó con mayor claridad en los municipios más urbanos, allí donde el PAN obtuvo victorias importantes, como son el caso de Cuernavaca y Temixco.

En el 2003 la participación electoral seguía poniendo de manifiesto la búsqueda de un cambio entendido



como alternancia política. Sus contornos tenían aires plebiscitarios y se privilegiaba el recambio dentro del tripartidismo. Recuperaba el aliento que había animado el voto en los inicios de la transición política: zanjar conflictos políticos y proyectar un seguro ganador a través de la pugna por el voto útil. Pero también aparecía un peligroso, y aún mal estudiado, abstencionismo militante, funcional como pocos, al sistema político surgido de las urnas en el 2000.

Este nuevo abstencionismo era sinónimo de un ciudadano que evitaba tomar partido en los nuevos conflictos políticos. En la explosión de alternativas y candidaturas partidistas, doce en total en Morelos para el 2003, el abstencionista parecía sugerir que todos eran igual. Ampliamente difundido por los medios de comunicación locales, este argumento terminaba haciendo eco de una renaciente tentación autoritaria, expresión de desencanto ante la ausencia de logros concretos del régimen democrático. En contraste, los partidos se frotaban las manos: el PAN lograba mantener su control como partido de gobierno en varios municipios; el PRI sobrevivía; el PRD se mantenía expectante, y el PVEM y Convergencia recogían los primeros frutos amargos de la frustración.

¿Podría el abstencionismo estar estrechamente vinculado con una tradición política fuertemente enraizada en la experiencia histórica del estado? Nos referimos, particularmente, a un planteamiento retomado por Claudio Lomnitz⁸ en uno de sus estudios sobre Morelos. En él señala la carencia de una participación constante en los asuntos públicos, por considerarlos el ámbito propio de los políticos, personajes cargados de una imagen negativa, asociados a la corrupción y a la palabrería. Este divorcio entre gobernantes y gobernados generaría una doble actitud, tanto de pasividad, como de legitimación de la protesta.

Mientras las cosas no llegan a un punto crítico, la sociedad ignora o desprecia a los políticos. Y cuando la crisis estalla, los ciudadanos se movilizan a través de todos los medios a su alcance, ocupando simbólica o materialmente los espacios de poder, las calles, y participando electoralmente. Esto fue lo que sucedió en Morelos al regresar a la tradicional pasividad el ciudadano, en un sistema político que se hacía no sólo más complejo, sino más competido y más plural. Su



participación ya no era definitoria; la transición se había concretado. La diferencia de matices entre propuestas, candidatos y partidos se hacía invisible e incomprensible. Tal parecía que el sistema representativo terminaba dándole la espalda a las inquietudes y preocupaciones ciudadanas, desde el empleo hasta la inseguridad, pasando por el apoyo al campo y los problemas de transporte.

Lo público es constitutivo de lo político. Exige cualidades de opinión, de toma de conciencia, de expresión de proyectos que tarde o temprano tienen que salir del ámbito de lo privado. Pero al hacerlo solicita del ciudadano una definición, momentánea pero decidida, a favor de una opción política. Al preferir abstenerse a la hora de votar, el razonamiento del ciudadano le confiere al secreto el estatuto protector de lo privado sobre lo público. Más aún; generaliza con su silencio una creencia: la de la superioridad de lo privado sobre lo público. Jamás hubo una derrota más íntima de la democracia.

CONCLUSIONES

Las elecciones del 2000 constituyeron un momento fundacional en la vida política nacional y estatal. El cambio en la correlación de fuerzas políticas se asentó en la legitimidad que le otorgó una amplísima participación electoral. Si el PAN fue el primer beneficiado de dicho cambio, no lo fue necesariamente por mucho tiempo. Las enormes expectativas asociadas a la mejora en las condiciones de vida y a la eficiencia del sistema político fueron diezmando al partido gobernante pero, sobre todo, colocando peligrosamente bajo sospecha

al régimen democrático en su conjunto. Sin embargo, a pesar de un retroceso autoritario latente a causa del abstencionismo anunciado, en el 2003 los partidos políticos se adaptaron con rapidez a esta coyuntura, y se integraron a las disputas por el poder local en los municipios. En Morelos, los ciudadanos salieron a votar en un porcentaje mayor que en el resto del país. No sin fricciones y acomodos, los partidos se encontraron, a pesar de todas las críticas, paradójicamente fortalecidos. Hoy son un factor clave en la negociación política en el Congreso y los cabildos, y la alternancia es de ida y vuelta. Con su participación, los morelenses no sólo definieron varias elecciones municipales por un margen estrecho de votos, también dibujaron un nuevo mapa electoral y un sistema multipartidista, inédito hasta entonces.

El pluralismo moderado surgido de las elecciones del 2003 contrasta con el modelo tripartidista del 2000, en donde el PAN logró la hegemonía momentánea. Su importancia no sólo radica en la nueva dinámica que le imprimirá al sistema político en su conjunto, sino al cambio de percepción de muchos ciudadanos, los cuales el día de la jornada electoral prefirieron no salir a votar, convencidos de no haber espacio para su representación en el escenario político. Resta saber si los actores políticos y los partidos, el gobierno estatal y la sociedad civil local, los medios de comunicación y los grupos de presión, estarán a la altura de las circunstancias para encauzar los futuros procesos políticos fortaleciendo la gobernabilidad democrática y asumiendo sus reponsabilidades como representantes de la diversidad social refrendada en las urnas. ●

NOTAS

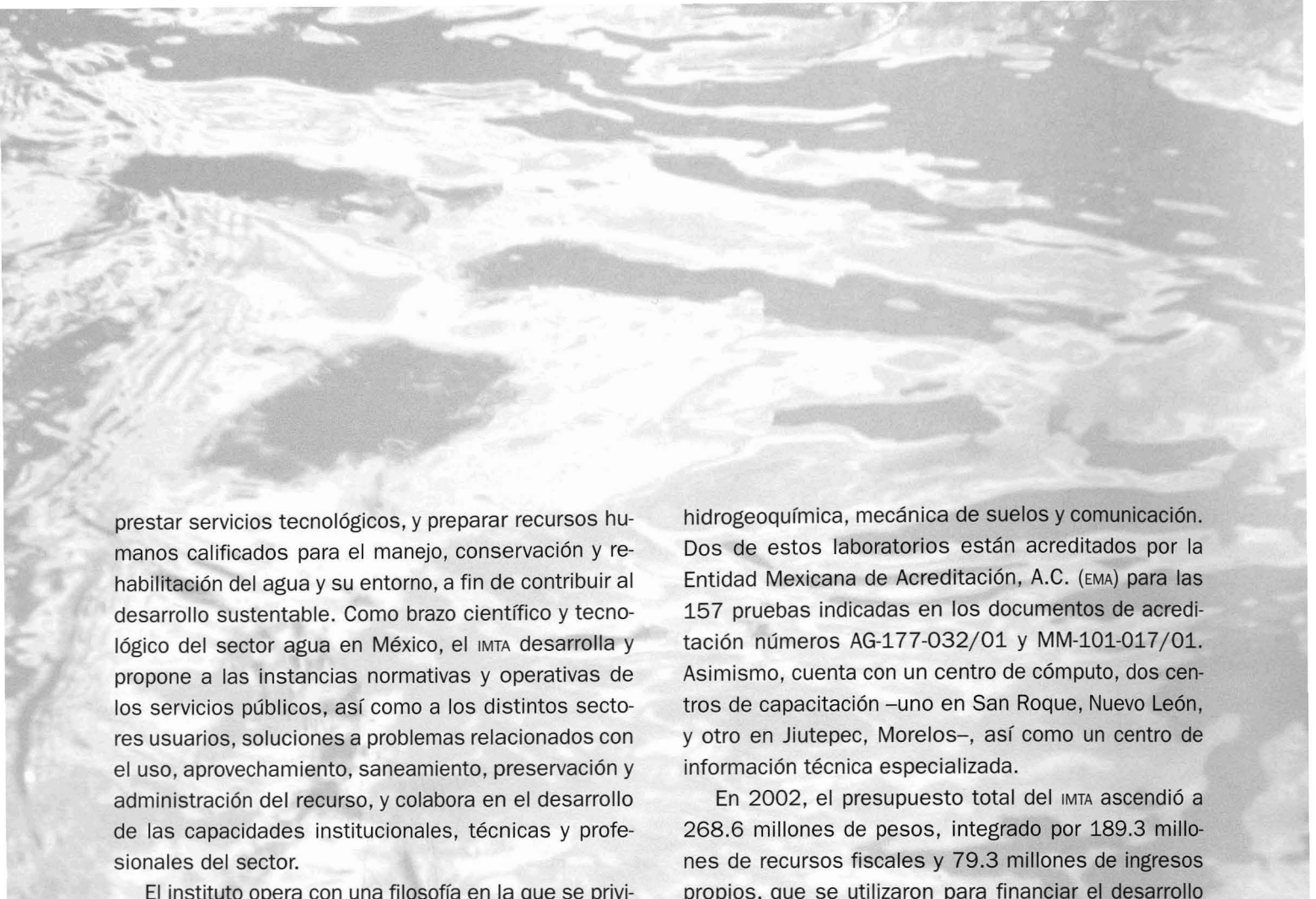
- ¹ Recordemos que en el 2000 Morelos votó al unísono en elecciones federales, estatales y municipales.
- ² "Changements politiques et transformation des régimes", en Jean Leca y Madeleine Grawitz, *Traité de science politique*, t. 2, PUF, París, 1985, pág. 601 (la traducción es nuestra).
- ³ "El desencanto por la democracia" es el título del *dossier* previo a las elecciones del 2003, *Nexos*, año 25, vol. xxv, núm. 306, junio de 2003.
- ⁴ El eslogan de campaña del PAN en Morelos para el 2000 fue "Morelos merece el cambio" (el subrayado es nuestro).
- ⁵ Los resultados pueden consultarse en la página Web del Instituto Estatal Electoral de Morelos www.ieemorelos.org.mx, y los federales en www.ife.org.mx.
- ⁶ Giovanni Sartori, *Partidos y sistemas de partidos*, Alianza Universidad, Madrid, 1997. Y una lectura indispensable es el artículo de Soledad Loaeza "El tripartidismo mexicano", *Boletín Editorial de El Colegio de México*, núm. 89, enero-febrero 2001.
- ⁷ Recordamos aquí el ya clásico libro de Guy Hermet, Alain Rouquié y Juan Linz, *¿Para qué sirven las elecciones?*, FCE, México, 1992.
- ⁸ *Evolución de una sociedad rural*, SEP-FCE, México, 1982.

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA



El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) fue creado mediante decreto presidencial, publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 7 de agosto de 1986, como órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Con motivo de la modificación de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, publicada en el mismo diario el 28 de diciembre de 1994, el instituto pasó a formar parte de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. A partir del 31 de octubre de 2001, el IMTA se transformó en un organismo público descentralizado del gobierno federal, con personalidad jurídica y patrimonio propio, coordinado sectorialmente por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

La misión del instituto consiste en realizar investigaciones; desarrollar, adaptar y transferir tecnología;



prestar servicios tecnológicos, y preparar recursos humanos calificados para el manejo, conservación y rehabilitación del agua y su entorno, a fin de contribuir al desarrollo sustentable. Como brazo científico y tecnológico del sector agua en México, el IMTA desarrolla y propone a las instancias normativas y operativas de los servicios públicos, así como a los distintos sectores usuarios, soluciones a problemas relacionados con el uso, aprovechamiento, saneamiento, preservación y administración del recurso, y colabora en el desarrollo de las capacidades institucionales, técnicas y profesionales del sector.

El instituto opera con una filosofía en la que se privilegia el enfoque interdisciplinario, el trabajo en equipo y la estrecha colaboración con los usuarios del sector. Esto permite que la experiencia y la creatividad del personal del IMTA se orienten a la obtención de soluciones integrales, a fin de satisfacer plenamente las expectativas de sus clientes.

En el IMTA prestan sus servicios 408 trabajadores (261 investigadores, 58 ejecutivos, siete directivos y 82 empleados de tabulador general), de los cuales 47 tienen doctorado, 163 maestría y 103 licenciatura. Estos profesionales poseen un alto grado de especialización y han sido formados en más de 50 disciplinas, tanto en instituciones nacionales como extranjeras.

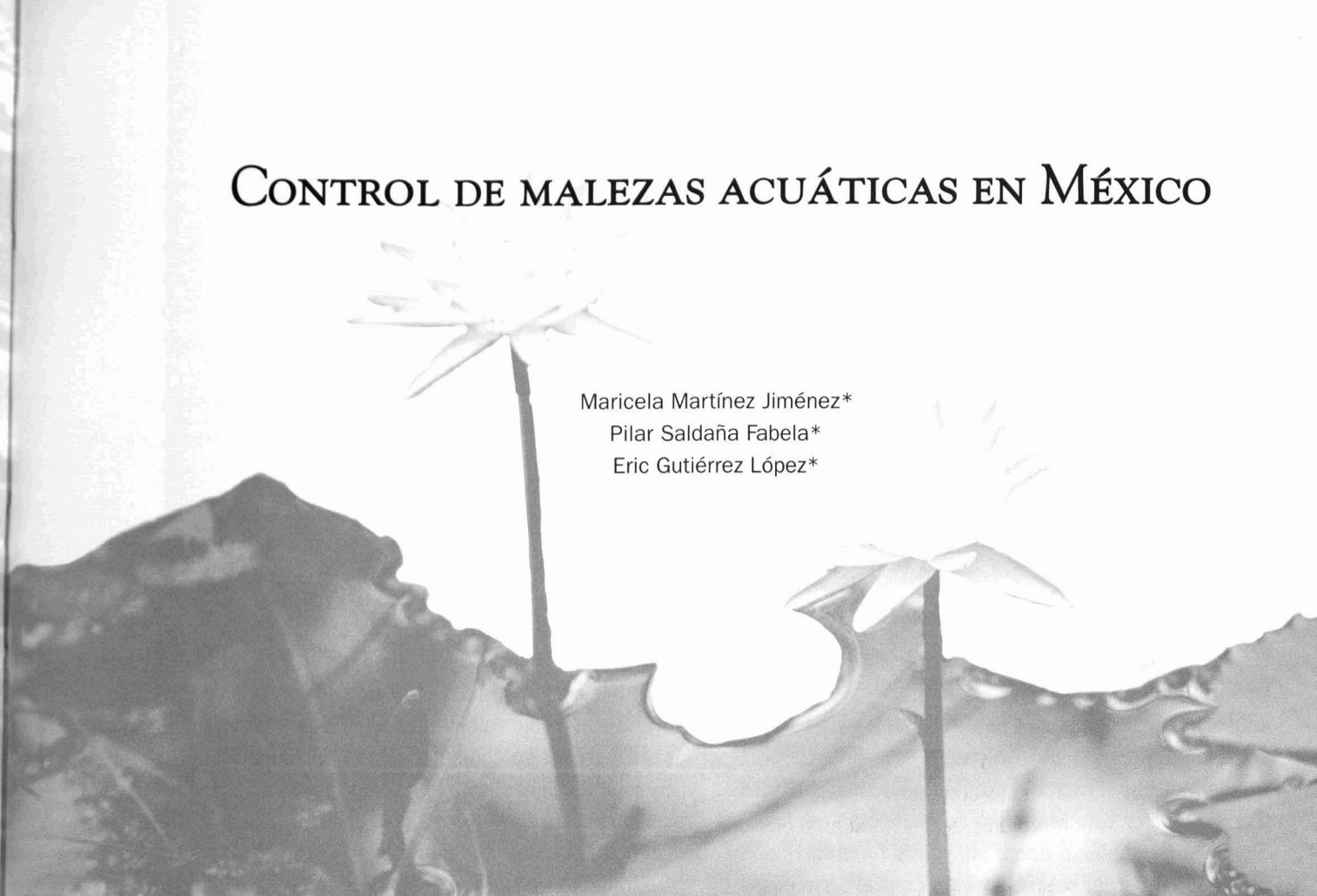
Ubicado sobre una superficie de 20 hectáreas, en el municipio de Jiutepec, Morelos, el IMTA cuenta con 23 mil m² de instalaciones. Su moderna infraestructura incluye 12 laboratorios especializados: hidráulica, calidad del agua, tratamiento de aguas residuales industriales, tratamiento de aguas residuales municipales, riego y drenaje, potabilización, calibración de sensores meteorológicos, hidrobiología, hidrología isotópica,

hidrogeoquímica, mecánica de suelos y comunicación. Dos de estos laboratorios están acreditados por la Entidad Mexicana de Acreditación, A.C. (EMA) para las 157 pruebas indicadas en los documentos de acreditación números AG-177-032/01 y MM-101-017/01. Asimismo, cuenta con un centro de cómputo, dos centros de capacitación –uno en San Roque, Nuevo León, y otro en Jiutepec, Morelos–, así como un centro de información técnica especializada.

En 2002, el presupuesto total del IMTA ascendió a 268.6 millones de pesos, integrado por 189.3 millones de recursos fiscales y 79.3 millones de ingresos propios, que se utilizaron para financiar el desarrollo de 114 proyectos estrechamente vinculados con la problemática del sector agua y medio ambiente.

A lo largo de sus 17 años de existencia, el instituto ha impulsado importantes líneas de trabajo, entre las que destacan: diseño de redes de agua potable y alcantarillado; gestión eficiente de sistemas de agua potable y alcantarillado; estudios hidrológicos y geohidrológicos; sistemas para reuso de agua; saneamiento de cuerpos de agua; tratamiento de aguas residuales; potabilización; evaluaciones de impacto ambiental; desarrollo de sistemas de riego; recuperación de suelos ensalitrados; diseño de obras hidráulicas y fluviales; pronóstico numérico del clima; estudios de gestión integral del agua; conservación y rehabilitación de cuencas; estudios socioproductivos y socioambientales, y estudios de precios del agua y educación ambiental, entre otros. Gracias a su desempeño, el IMTA se ha consolidado como la institución líder en su tipo en Iberoamérica, que lo ubica en una posición privilegiada para trabajar a favor de la transformación necesaria del sector agua, y así contribuir a la gestión sustentable del recurso. ☉

CONTROL DE MALEZAS ACUÁTICAS EN MÉXICO



Maricela Martínez Jiménez*
Pilar Saldaña Fabela*
Eric Gutiérrez López*

PROBLEMÁTICA

La mayoría de las plantas acuáticas que se comportan como malezas, no son originarias de los países donde causan problemas. Tal es el caso del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), de la oreja de ratón (*Salvinia molesta*), o bien, de la hidrilla (*Hydrilla verticillata*), especies introducidas a México por la belleza de su flor, o por el mal manejo en el comercio de acuarios donde se utilizan como plantas de ornato. La alta tasa reproductiva y adaptativa de estas plantas, la gran concentración de nutrientes en los cuerpos de agua provenientes de la actividad agrícola, urbana e industrial, y la ausencia de enemigos naturales que puedan ejercer un control, ha tenido como consecuencia un crecimiento explosivo de estas plantas, que ha llegado a cubrir por completo los cuerpos de agua.

La proliferación de estas hidrofitas provoca graves problemas de índole económica, ecológica y de salud. Dentro de los problemas económicos podemos citar las pérdidas de agua por evapotranspiración, el azolvamiento prematuro de embalses, la limitación de la actividad pesquera y recreativa, la obstrucción de canales de riego y de tomas en plantas hidroeléctricas y la operación de obras hidráulicas.¹ Dentro de los problemas ecológicos, la acumulación de grandes cantidades de plantas provoca el estancamiento de agua, disminuyendo el oxígeno disuelto y, por consiguiente, la muerte de especies acuáticas.² Dentro de los problemas de salud, las malezas acuáticas constituyen el hábitat para el desarrollo de mosquitos vectores de enfermedades como el dengue (*Aedes aegypti*), la malaria (*Stephensis malaria*) y la filariasis (*Culex quinque fasciatus*), así como caracoles transmisores de *Schistosoma* sp.

Diversos estudios se han realizado para conocer la magnitud de los problemas causados por malezas acuáticas. En México, un grupo de investigadores³ identifica-

* Investigadores del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)

ron 268 cuerpos de agua con 69 mil hectáreas de infestación. En orden de importancia, las hidrofítas reportadas son: lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), tule (*Typha* spp), carrizo (*Scirpus* spp), e hidrilla (*Hydrilla verticillata*). Recientemente, Martínez⁴ reportó *Salvinia molesta* y *Salvinia auriculata* infestando el distrito de riego 014, valle de Mexicali, Baja California, y las lagunas De las Ilusiones y Tabasco, en Villahermosa, Tabasco. En la infraestructura hidráulica, nueve mil 820 km de canales se encuentran invadidos con hidrilla, lirio, cola de caballo (*Potamogeton* sp), cola de zorro (*Ceratophyllum* sp), tule y zacate Parí (*Paspalum* sp). En drenes, la afectación se ha calculado en 14 mil 519 kilómetros, encontrando principalmente tule y lirio acuático.⁵

CONTROL DE MALEZAS ACUÁTICAS EN MÉXICO

Dado el grave problema que constituían las malezas acuáticas en casi todos los embalses de país, en 1993, por decreto presidencial, se creó el Programa de Control de Malezas (Procma) cuya responsabilidad estuvo a cargo del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. El Procma estableció como principios fundamentales para poder abordar el problema del control de malezas acuáticas, lo siguiente:

- a) Reducir las malezas acuáticas a límites manejables, promoviendo la participación de organizaciones y usuarios del recurso para que se responsabilizaran del mantenimiento de los cuerpos de agua una vez que se realizará el control.
- b) Establecer un manejo integral de la maleza; es decir, el uso oportuno y adecuado de diversas técnicas de control donde se incluyó el manejo hidráulico, control mecánico, químico y biológico.
- c) Integrar los programas de control de malezas acuáticas a nivel de cuenca.

El PROCMA inició sus actividades controlando 485 hectáreas en la cuenca del río Ayutla, Jalisco, extendiendo las acciones en 18 mil hectáreas, en un total de treinta cuerpos de agua, seis ríos, 200 km de canales y 300 km de drenes, distribuidos en 12 estados de la República.⁶ Como parte del programa, se realizó un diagnóstico de la calidad del agua en los embalses tratados; cinco parámetros de campo y 15 de laboratorio fueron analizados para determinar el índice de calidad del agua (ICA). En general, las condiciones de oxígeno

disuelto se incrementaron hasta en tres mg/L, y el ICA para uso agrícola mostró mejoría.⁷ Por otro lado, se adaptó un modelo matemático para el cálculo de la tasa de evaporación de la superficie libre de plantas y las áreas infestadas, estimando que, en promedio, el lirio acuático incrementa la pérdida de agua por evapotranspiración en 1.7 veces.

La meta establecida por el Procma dentro del Plan Hidráulico 1995-2000, para limpiar 40 mil hectáreas, fue cumplida en los tiempos establecidos, lo que demostró que el control de malezas acuáticas es técnicamente factible. Se entregó a los usuarios el cuerpo de agua libre de malezas para que ellos continuaran con el programa de mantenimiento. Sin embargo, la falta de seguimiento ocasionó que algunos embalses se reinfestaran.

Actualmente, las malezas acuáticas continúan constituyendo un problema en el país, por lo que los intentos realizados para su combate ya sea en forma manual, mecánica o química, sólo han tenido resultados temporales a un costo elevado, pues las semillas de la flor que se depositan en los sedimentos, son la fuente de futuras reinfestaciones. En este sentido, el IMTA ha investigado soluciones sustentables y con menos impacto al medio ambiente, y ha encontrado que el uso de agentes biológicos podría constituir una solución al problema.

CONTROL BIOLÓGICO DE MALEZAS ACUÁTICAS

El concepto de control biológico implica una disminución gradual y duradera de la maleza. Para esto es necesario la utilización de agentes que actúen de forma sinérgica. El objetivo es aumentar el nivel del estrés biótico para reducir la capacidad de crecimiento de la planta y de esta forma restringir una nueva generación. En varios casos de biocontrol de malezas, ha sido necesario usar una serie de agentes para lograr niveles aceptables y sustentables de control. Al respecto, el IMTA inició en 1994 un programa de control biológico que comprende el uso de artrópodos y hongos específicos para su desarrollo como bioherbicidas. Dado que el lirio acuático continúa siendo una de las principales malezas de México y del mundo, el instituto la seleccionó como modelo para el desarrollo de agentes biológicos de control. Cabe resaltar que esta metodología es aplicable tanto a malezas terrestres como acuáticas.



EL USO DE ARTRÓPODOS PARA EL CONTROL DEL LIRIO ACUÁTICO

En México se han identificado tres insectos que atacan al lirio acuático: *Sameodes albiguttalis* (Warren), *Cornops aquaticum* (Bruner) y *Orthogalumna terebrantis* (Wallwork).⁸ Éstos se encuentran en forma natural en varias regiones del país, pero no ejercen una presión selectiva sobre la maleza.

En 1976, el Centro de Estudios Limnológicos de Guadalajara, Jalisco, introdujo a México el coleóptero *Neochetina eichhorniae* como agente de control biológico del lirio acuático. En 1977, este insecto fue liberado experimentalmente cerca del lago de Chapala.⁹ Ninguna evaluación de su distribución y establecimiento ha sido reportada hasta la fecha.

Con el fin de conocer la dispersión de *N. eichhorniae* en México, en 1993 el IMTA realizó una inspección en Veracruz, Tabasco, Chiapas y Jalisco. Como resultado, se encontró que *N. eichhorniae* está presente en todas estas zonas a razón de aproximadamente uno a siete insectos por planta.

Debido al alto grado de especificidad y la eficacia demostrada en otros países por la *Neochetina*,¹⁰ en 1994 el IMTA introduce a México otra especie de *Neochetina*, *N. bruchi* Hustache.¹¹

INTRODUCCIÓN A MÉXICO DE *NEOCHETINA* SPP

Una vez cumplidos los requisitos establecidos por la Dirección General de Sanidad Vegetal, fue introducida a México una colonia de mil 200 insectos, donada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Una colonia de dos mil insectos de la especie *Eichhorniae*

fue colectada en el lago de Chapala. Estos insectos fueron puestos en cuarentena en los laboratorios del IMTA. La cuarentena consistió en la obtención de adultos inmaduros vírgenes y la verificación del estado sanitario por medio de observaciones al microscopio y cultivo de macerado de insectos.

Una vez que se obtuvieron colonias sanas, el siguiente paso fue desarrollar una técnica para la producción masiva de este insecto, cuyas cosechas son sometidas sistemáticamente a un examen patológico y de aptitud reproductiva, mediante un programa de cómputo diseñado especialmente para estos fines (NEOPHYS). Con este sistema, el IMTA cuenta con una planta piloto de cría masiva de insectos benéficos acuáticos, cuya producción comprende un control de calidad.¹²

Esta investigación ha contribuido en la redacción del proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-072-FITO-1995, la cual reglamentará la introducción y el uso de biocontroladores para malezas.

EMPLEO DE FITOPATÓGENOS COMO AGENTES DE BIOCONTROL DE MALEZAS

Debido a la capacidad reproductiva y adaptativa de las malezas (una planta puede duplicarse en tres días), un solo agente de estrés biótico no es suficiente para reducir la tasa de reproducción de la maleza, por lo que es necesario usar una serie de agentes para lograr niveles aceptables y sustentables de control.¹³ En este sentido, el uso de agentes fitopatógenos ofrece una amplia gama de microorganismos con eficacia demostrada en su uso como micoherbicidas.¹⁴

Varios hongos fitopatógenos del lirio acuático han sido reportados y/o utilizados para su biocontrol; entre estos están: *Acremonium zonatum* (Saw Gams), *Alternaria eichhorniae* (Nag Raj y Ponnappa), *Cercospora piaropi* (Tharp.), *C. rodmanii* (Conway), *Myrothecium roridium* (Tode ex Fr.), *Rizocthonia solani* (Kühn) y *Uredo eichhorniae* Gonz.-Frag. & Cif.¹⁵ Hasta el momento, ninguna bacteria o virus han sido reportados.

FITOPATÓGENOS COMO AGENTES DE CONTROL DEL LIRIO ACUÁTICO

Con el objeto de identificar un patógeno nativo de México para su uso como micoherbicida, en 1995 el IMTA realizó una inspección en 52 sitios, que corresponden a diez estados de la República Mexicana (de los 14 donde se ha reportado una infestación del lirio acuático). Como resultado, se aislaron 65 cepas de hongos y dos de bacterias. Ningún virus fue detectado. Se determinó que las bacterias no son patógenas del lirio; respecto a los hongos, 17 fueron clasificados taxonómicamente (Martínez y Charudattan, 1998). De las 17 cepas clasificadas, dos de ellas se escogieron para desarrollarlas como bioherbicidas: *Cercospora piaropi* y *Acremonium zonatum*. Los criterios de esta selección fueron el grado de infestación conjuntamente con el daño causado a las hojas, y el grado de especificidad de los mismos.

Las etapas de desarrollo de estos agentes como biocontroladores del lirio acuático consistieron en demostrar la especificidad de *Cercospora piaropi* y *Acremonium zonatum*, evaluar su eficacia, desarrollar una metodología de conservación de las cepas, y obtener una formulación para su aspersión y la metodología de aplicación en campo.



Foto: 3 Ríos

EVALUACIÓN EN CAMPO DE BIOHERBICIDAS

Si las condiciones climáticas después de la época de lluvia, en diversas zonas donde se localiza la maleza, corresponden a una alta humedad relativa (70 por ciento), temperaturas no mayores de 30°C, radiación solar atenuada (aproximadamente 400 w/m² promedio), ausencia de heladas (condiciones óptimas para el establecimiento de fitopatógenos), y que el porcentaje máximo de oviposición de *Neochetina* se sitúa en este mes (Deloach y Cordo, 1983), se seleccionaron los últimos días de octubre para realizar una primera aspersión en campo de los agentes de control.

Se eligió la presa Cruz Pintada, en Morelos, para aplicar la combinación de insectos y hongos en el control del lirio acuático. Se realizó un primer muestreo para determinar la cobertura de malezas, y se determinó que, de las siete hectáreas que conforman el espejo de agua, 3.5 estaban cubiertas por lirio acuático. Un total de nueve mil 800 insectos fueron liberados. Una vez corroborado el establecimiento de los insectos, se realizó una primera aspersión de *C. piaropi* y *A. zonatum* sobre el follaje del lirio. A los 23 días de la primera aspersión, se realizó una segunda aplicación de los agentes de control. Un mes después del establecimiento de los biocontroladores, se observó una reducción de 71.4 por ciento en el peso fresco, 42.1 por ciento en el número de plantas por metro cuadrado, 36.36 por ciento en el número de hojas por planta y 17.85 por ciento en el número de hijas. Tres meses después, la presa estaba completamente limpia de maleza. Para determinar la posible toxicidad de los organismos en el agua, se realizaron pruebas a través del sistema Microtox antes, durante y tres meses después de la aplicación de los biocontroladores, no encontrándose ningún efecto tóxico. Cabe remarcar que la acción del clima y la etapa fenológica del lirio acuático en la cual se realizó el control, influyeron en su éxito. Con esta experiencia se demuestra la eficacia de esta alternativa de control cuando es aplicada oportunamente.

CONCLUSIÓN

Es importante remarcar que la proliferación de malezas acuáticas es originada por los problemas de contaminación a nivel de cuenca, por lo que para su control, además de lo ya descrito, es imprescindible realizar acciones de saneamiento en las fuentes de contaminación y así disminuir el aporte de nutrientes en los cuerpos de agua. ☼



Foto: 3 Ríos

NOTAS

- 1 Gopal, 1987.
- 2 Barrett, 1989.
- 3 Gutiérrez *et al.*, 1994.
- 4 Martínez, 2003.
- 5 Rancel, 1995.
- 6 Gutiérrez *et al.*, 1996.
- 7 Gutiérrez *et al.*, 1996.
- 8 Gutiérrez *et al.*, 1996.
- 9 Romero *et al.*, 1989.
- 10 Deloach, 1976; Deloach y Cordo, 1983.
- 11 Martínez *et al.*, 2001.
- 12 Martínez *et al.*, 2001.
- 13 Martínez y Charudattan, 1998; Charudattan, 1986.
- 14 Charudattan, 1986.
- 15 Freeman y Charudattan, 1984; Martyn, 1985; Charudattan, 1986; Morris, 1990.



SISTEMA DE PRONÓSTICO DEL RIEGO EN TIEMPO REAL

Waldo Ojeda*
Ernesto Sifuentes Ibarra*
Benjamín de León Mojarro*

INTRODUCCIÓN

Los problemas asociados con el agua son contemplados con creciente preocupación tanto a nivel regional como nacional. Sus repercusiones sociales, económicas y políticas se han incrementado en los últimos decenios como consecuencia del desequilibrio entre los recursos disponibles y las demandas de agua para uso agropecuario, abastecimiento urbano e industrial, así como para usos medioambientales. Esta problemática se agudiza durante los periodos de sequía recurrentes que azotan a las grandes áreas agrícolas de México localizadas en las zonas áridas y semiáridas. La incertidumbre en la disponibilidad del agua es un factor condicionante de la agricultura que restringe las dimensiones del área regada.

En nuestro país, la agricultura de riego se encuentra en una etapa de transición que parte de una fase de expansión, donde grandes zonas de riego fueron abiertas al cultivo, a una fase de maduración, donde la optimización del aprovechamiento de los insumos agrícolas, como el agua, resulta de vital importancia ante su limitada, costosa e incierta disponibilidad. Frente a la apertura comercial, la globalización de la economía y la creciente demanda alimentaria, se requiere de un incremento en la producción de las 6.1 millones de hectáreas que cuentan con infraestructura de riego en México, mediante la tecnificación del riego en sus diferentes niveles. Por un lado están los dispositivos y equipos que permiten distribuir el agua de manera precisa y con alta eficiencia y, por el otro, se dispone de técnicas como el monitoreo del clima, para estimar la demanda hídrica de los cultivos en función de las condiciones atmosféricas.

Uno de los temas científicos más apasionantes es el pronóstico del clima mediante observaciones terrestres de las variables atmosféricas (temperatura, hu-

* Investigadores del IMTA

medad relativa, presión, lluvia, velocidad y dirección del viento) con cuya información se alimentan modelos matemáticos de transporte atmosférico, que permiten prever el comportamiento del clima en un lapso no mayor de cinco días. La tecnología disponible no permite realizar pronósticos a largo plazo, pues los cambios en las condiciones atmosféricas, por ligeros que sean, pueden conducir a grandes variaciones climáticas que se manifiestan varios días después.

Los agricultores programan empíricamente el riego, basándose en datos climáticos promedio de una o más décadas. Esta práctica no es muy eficiente, pues se enfrenta a una alta variabilidad climática, sobre todo para riego de alta frecuencia. A medida que la frecuencia del riego se reduce a uno o dos días, se requiere mayor precisión. El pronóstico del riego a lo largo de las etapas fenológicas de un cultivo es una tarea difícil que involucra el seguimiento de variables climáticas y agronómicas, principalmente.

Existen varios métodos para determinar cuándo y cuánto regar. En general, es posible calendarizar el riego basado en indicadores edáficos, vegetales, evaporativos, evapotranspirativos, o balance hídrico del sistema agua suelo planta atmósfera. Por años, los agricultores han usado métodos visuales para estimar el momento del riego como son el ángulo de inclinación, grado de enrollamiento o color de las hojas. Otro método muy usado es el método del tacto, que consiste en estimar manualmente el contenido de humedad friccionando un terrón con las yemas de los dedos. Ante las limitaciones de estos métodos, los resultados han sido: una baja eficiencia en el uso del agua para riego y una aplicación tardía del riego que se traduce en una disminución del rendimiento potencial.

Las principales limitantes en el uso eficiente del agua siguen siendo el factor riesgo y el bajo costo del agua, ya que el agricultor prefiere sobreirrigar sus cultivos, pues el precio de un m³ de agua es bajo respecto a la disminución potencial en kilogramos del rendimiento. El precio del agua por millar de metros cúbicos varía desde diez centavos de dólar hasta casi 25 centavos en el sureste y noroeste de México, respectivamente.¹ El mismo efecto se aplica a la fertilización nitrogenada, puesto que un kilogramo de fertilizante puede significar una pérdida de 20 kilogramos de rendimiento, den-

tro de la zona donde el nitrógeno incrementa el rendimiento en gramíneas. De esta manera, el agricultor prefiere trabajar en el rango seguro, ocasionando con esto una sobredosis de fertilizante y riego, con los consiguientes problemas ambientales que deterioran la calidad del entorno agrícola.

La ausencia de reglas simples y concretas para calendarizar el riego de manera científica parece la principal razón de resistencia a su adopción por el agricultor. La mayor parte de las decisiones de la calendarización del riego es asumida por el agricultor, tal como lo han mencionado M. N. Shearer y J. Vomocil,² los resultados son evidentes y los agricultores pueden entender las bases del mejor método para calendarizar el riego pero lo han aplicado tan mal que prefieren aplicar excesos de agua a tener una disminución en la calidad y cantidad del rendimiento.

DISPONIBILIDAD DEL AGUA PARA RIEGO

Una de las grandes restricciones en la agricultura es la disponibilidad de agua en el momento y en las cantidades que la planta necesita. Las demandas hídricas de las plantas son prácticamente continuas durante su ciclo fenológico, mientras que el suministro natural de este recurso (lluvia) es incierto y la mayoría de las veces insuficiente para cubrir las demandas de las mismas. El riego es un elemento necesario en la mayoría de las zonas áridas y semiáridas.

La ilustración 1 presenta las variaciones típicas de la precipitación y la evapotranspiración de referencia, estimadas por el método de Penman-Montieth, en el norte de Sinaloa. Se observa que las lluvias se concentran durante cuatro meses, julio a octubre, principalmente por la presencia de ciclones. Se puede apreciar que la evapotranspiración de referencia excede a la precipitación. Los escurrimientos generados por las lluvias ciclónicas llenan los vasos de almacenamiento, para utilizarlos posteriormente durante el ciclo de otoño-invierno. Para obtener rendimientos comerciales, los cultivos requieren del riego. Ante la cada vez incierta disponibilidad de agua para fines de riego, se requieren implantar diversas acciones para mitigar los efectos de una sequía, entre los que destacan el uso y manejo de sistemas informáticos que lleven un control de demandas y disponibilidades de agua de una zona de riego.



Foto: Ricardo María Garibay

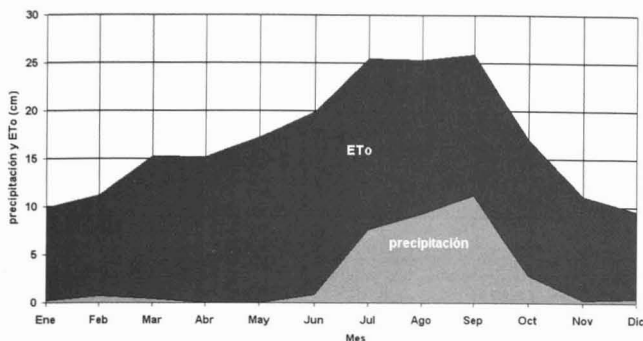


Ilustración 1

SISTEMA DE CALENDARIZACIÓN Y PRONÓSTICO DEL RIEGO EN TIEMPO REAL

La calendarización del riego se ha definido como el procedimiento para determinar la cantidad y tiempo de aplicación del agua de riego a un cultivo a lo largo de su desarrollo fenológico, para suministrar no sólo los requerimientos hídricos de los cultivos, sino también para mantener a la planta en un ambiente de desarrollo favorable. Por tanto, se pueden necesitar cantidades adicionales de agua para controlar sales, heladas, plagas y enfermedades. Con la utilización de sensores más potentes y rápidos producto de los avances tecnológicos, se ha agregado a la calendarización del riego la parte de la evaluación del riego, esto es, muestrear la planta o suelo para revisar si los objetivos del riego fueron cumplidos, tal como se muestra en la ilustración 2.

La calendarización del riego es esencialmente una metodología para definir cuándo y cuánto regar para mantener el cultivo con mínimo estrés. Para lograr tal fin, el contenido de humedad del suelo se debe mantener dentro de un rango óptimo. Cuando el contenido de humedad alcanza un valor crítico inferior, el riego es aplicado para reponer la humedad perdida hasta un límite superior, dado usualmente por la capacidad máxima de almacenamiento del agua del suelo, después de aplicar riego y cuando el drenaje ha cesado. Si los requerimientos de riego de un cultivo son sobrestimados, los costos no son sólo económicos (más agua y energía de bombeo), sino también ambientales (mayor probabilidad que los agroquímicos disueltos en el agua emigren a cuerpos de agua superficiales o subsuperficiales). Una buena fracción de los agroquímicos disueltos en agua se mueven donde el agua

se mueve, como la mayoría de los fertilizantes nitrogenados que son una amenaza ambiental cuando están fuera del alcance de las raíces. Un kilogramo de nitrato de calcio, por ejemplo, puede disolverse en un litro de agua.

DESARROLLO DEL SISTEMA DE PRONÓSTICO DEL RIEGO EN TIEMPO REAL, SPRITER

En 1994 el IMTA, con apoyo financiero de la Comisión Nacional del Agua, inició el desarrollo del sistema de pronóstico del riego en tiempo real, denominado Spriter, en el distrito de riego 076, valle del Carrizo, Sinaloa. Este sistema fue diseñado y aplicado inicialmente como una herramienta para la calendarización del riego a nivel parcelario. Ante los recurrentes problemas de sequía en el sistema de presas Fuerte-Mayo, en 1998 se inició la incorporación de la operación de la red de distribución al sistema de pronóstico de riego en el módulo Santa Rosa del distrito de riego 075, Río Fuerte, Sinaloa.

El sistema Spriter consta de una serie de algoritmos que permiten gestionar una base de datos con información sobre los parámetros (véase ilustración 3) de los cultivos, suelo, padrón de usuarios, clima, red de distribución, seguimiento de riego de los cultivos y su manejo; así como generar una serie de reportes de interés local, regional o nacional. Con la información anterior, el Spriter realiza un balance diario del consumo de agua



Ilustración 2

de cada cultivo, desde su fecha de siembra hasta la cosecha, y pronostica sus necesidades hídricas para determinar el momento oportuno del riego.

El sistema facilita la captura de la información diaria sobre el seguimiento de los riegos aplicados a nivel parcela, considerando láminas aplicadas, avance de superficies regadas y tiempos de riego. Para cada una de las asignaciones volumétricas parcelarias, se realiza un control de los riegos aplicados registrando información de los volúmenes entregados y programados. Al contar con el seguimiento de entrega de agua parcelario, el sistema Spriter facilita el seguimiento de la dotación volumétrica a los usuarios de una zona de riego.

APLICACIONES DEL SISTEMA DE PRONÓSTICO

Una de las aplicaciones prácticas del sistema Spriter es la estimación de los requerimientos hídricos de los cultivos en función de la fecha de siembra. Con esta información se obtiene la temporada de siembra óptima, no sólo en función de la presencia potencial de plagas y enfermedades, sino también considerando otros factores como el tipo de labranza usada, la temperatura del suelo, los requerimientos de riego y los climáticos. En el módulo de riego Batequis del distrito

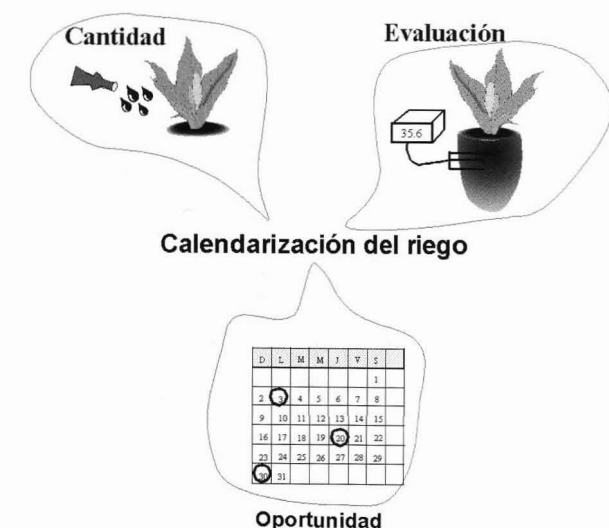


Ilustración 3

Tabla 1

Requerimientos de riego del maíz grano para diferentes fechas de siembra en el módulo de riego Batequis, del distrito de riego 075

Fecha de siembra	Duración del ciclo (días)	ETo(mm)	ETr(mm)	Número de riegos
Sep-15	129	495	289	3
Oct-01	155	574	366	4
Oct-15	168	638	420	4
Nov-01	176	684	465	5
Nov-15	175	708	492	5
Dic-01	170	715	504	6
Dic-15	162	707	501	6
Ene-01	151	695	490	5
Ene-15	142	685	474	5

de riego 075, con el apoyo del sistema de pronóstico de riego en tiempo real, la fenología local de los cultivos en grados-día, y la información climática promedio, se determinaron los requerimientos de riego del maíz, considerando mil 100 grados-día para aplicar el último riego y mil 500 grados-día para madurez fisiológica. En la tabla 1 se presentan los resultados de esta simulación; de acuerdo con la tabla, se recomendó sembrar del 15 de octubre al 15 de noviembre, periodo donde el cultivo tiene un consumo relativamente bajo de agua y donde se presentan los más altos rendimientos. La ilustración 4 presenta la variación de la evapotranspiración acumulada en función de la fecha de siembra expresada como días después del primero de septiembre.

Actualmente el sistema ha sido transferido a los distritos de riego 075 y 076 de Sinaloa, y está en proceso de transferencia en el distrito de riego 005 de Delicias, Chihuahua, donde los responsables de distribución del agua a nivel de sección de riego usan el reporte semanal del pronóstico del riego, para conocer cuáles usuarios deben regar y hacer ajustes de sus programas de riego durante la semana. La ilustración 5 presenta uno de los reportes gráficos del sistema, donde se muestran el estado del próximo riego para cada parcela de la zona de riego. Lo anterior es de suma utilidad para detectar problemas con riegos desfasados.

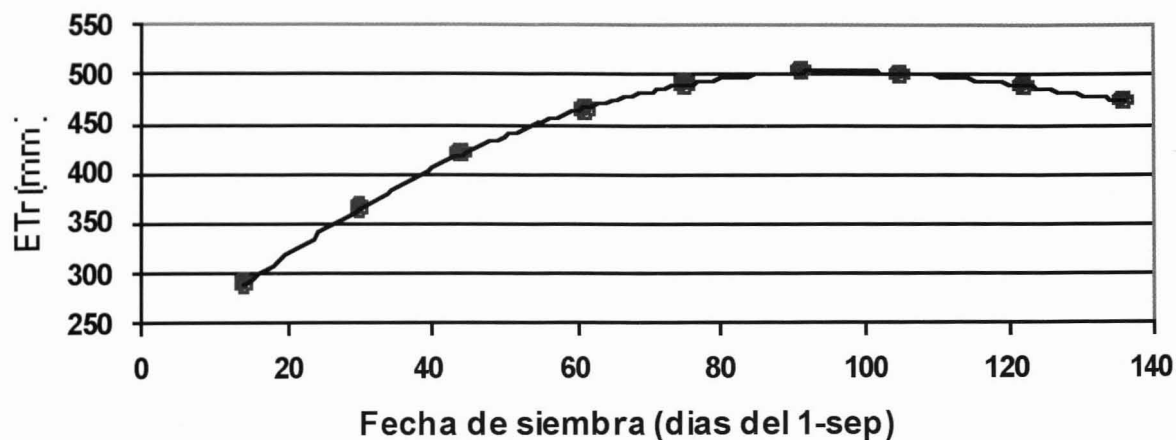


Ilustración 4

ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Los agricultores conocen la importancia del clima, saben que años fríos implican ciclos largos mientras que años calientes los acortan. Aunque por muchos años la adquisición de datos meteorológicos ha sido manual, los avances electrónicos han propiciado el acceso a sistemas de adquisición automatizados que confluyen en lo que se denomina una “estación meteorológica automatizada” (ilustración 6).

Las estaciones meteorológicas automatizadas están equipadas con una serie de sensores conectados a un microprocesador (datalogger) que monitorea, en intervalos de un minuto, los datos meteorológicos de acuerdo con un programa residente en el procesador. Las estaciones usualmente cuentan con un sistema de telemetría que permite la consulta remota de la estación desde un centro de proceso, almacenamiento y distribución. Los datos recabados son almacenados en el disco duro de una computadora base, localizada en las oficinas de proceso. El sistema Spriter se alimenta de la base de datos meteorológica para estimar la evapotranspiración de referencia, por ejemplo, en cada una de las 14 estaciones existentes en el distrito de riego 075. La ilustración 7 muestra una representación gráfica de la red agrometeorológica operando en dicho distrito.

Ilustración 6

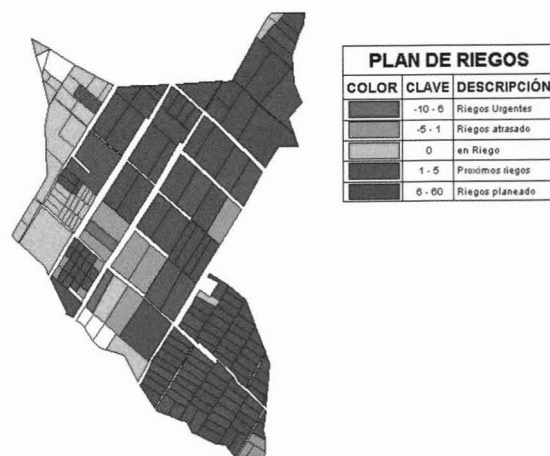
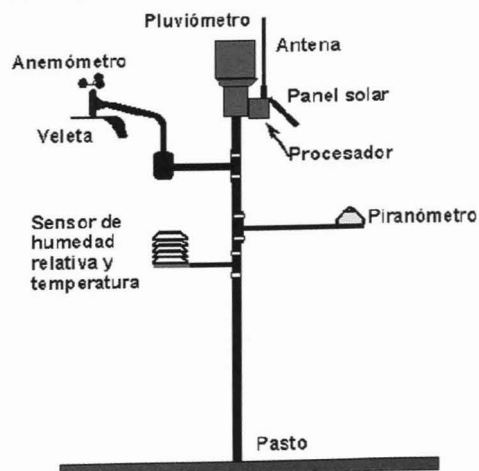


Ilustración 5

ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA AUTOMATIZADA



PARCELAS DE VALIDACIÓN

La meta de la transferencia del sistema de pronóstico fue que los agricultores y administradores de una zona de riego lo adoptaran como el método de calendarización del riego de uso diario. Para lograrlo se probaron y mostraron las diferencias en el manejo del agua, en términos de rendimiento y lámina de riego aplicada, al compararlo con la forma tradicional usada. La tabla 2 indica que se obtuvieron mayores rendimientos usando el sistema Spriter en cultivos comerciales de papa bajo tres sistemas de riego en la zona del valle del Fuerte, Sinaloa.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos indican que es posible ahorrar volúmenes significativos de agua y aumentar los rendimientos convencionales. La razón obedece a que el sistema lleva un control diario de la demandas de los cultivos pronosticando la aplicación del riego de manera precisa y oportuna. El sistema de pronóstico ha permitido también estimar la eficiencia global del distrito de riego 075 en 30 por ciento, lo cual indica que solamente una tercera parte del agua almacenada en la presa se queda finalmente en la zona de raíces; el resto es perdido por filtración en los canales, mala operación, o baja eficiencia de aplicación del riego.

CONCLUSIÓN

El éxito de la administración de una zona de riego radica en buena parte en la calidad y oportunidad de la información que se genera diariamente sobre la disponibilidad de agua y demanda parcelaria. Una herramienta de apoyo para capturar, procesar y analizar dicha información es el sistema de pronóstico del riego denominado "Spriter", que permite no sólo llevar el control del agua entregada a las parcelas, sino también pronosticar, con al menos una semana de anticipación, sus demandas de riego. ☼

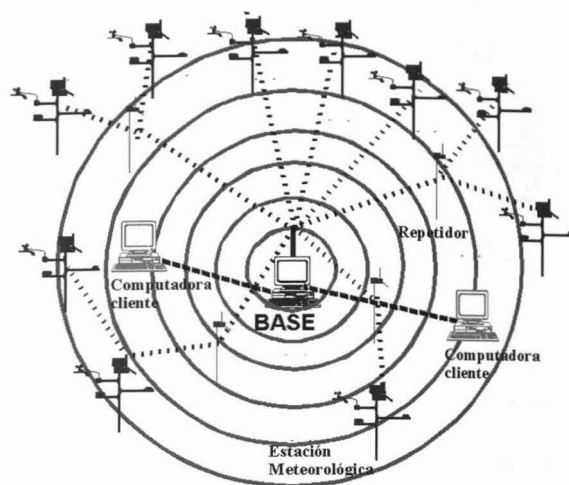


Ilustración 7

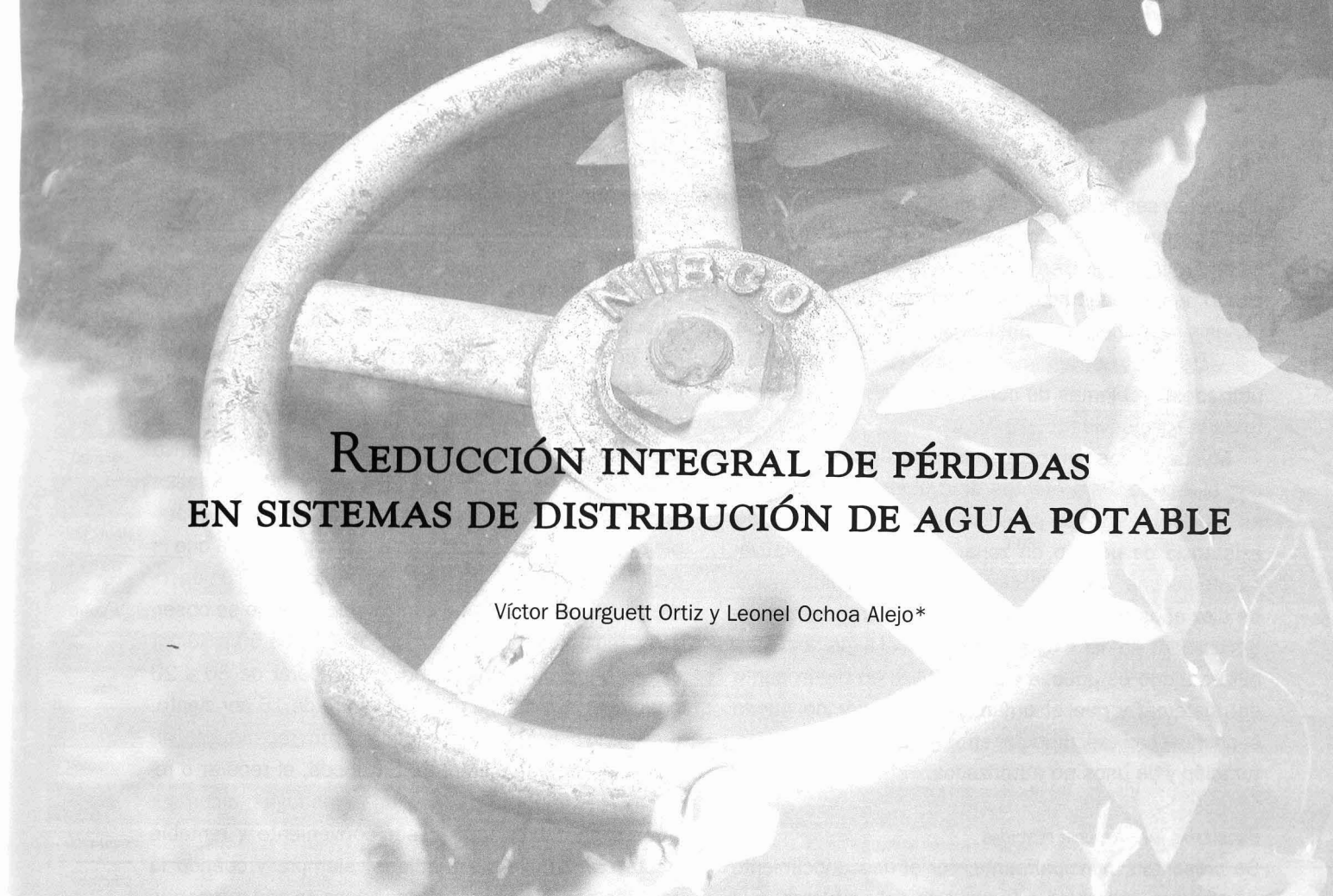
Tabla 2

Variación de la lámina aplicada y rendimiento de la papa en el distrito de riego 075 obtenido, usando el sistema de pronóstico Spriter. Se presentan los valores convencionales bajo manejo típico de la zona

Sistema de riego	Lamina aplicada (cm)		Rendimiento (ton/ha)	
	Convencional	Spriter	Convencional	Spriter
Surcos	60	40	25	30
Aspersión	48	36	33	40
Goteo	45	32	35	43

NOTAS

- ¹ J. Montesillo, "Efectos económicos en el sector agrícola de riego ante la implementación del cobro del derecho de uso", *Anuario IMTA*, 1997, págs.129-131.
- ² "Twenty-five years of modern irrigation scheduling promotional effort", *Proceedings of the ASAE Irrigation Scheduling for Water & Energy Conservation in the 80's*, vols. 23-81, 1981, págs. 208-212.



REDUCCIÓN INTEGRAL DE PÉRDIDAS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

Víctor Bourguett Ortiz y Leonel Ochoa Alejo*

ANTECEDENTES

Estimaciones determinadas por estudios realizados en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA, precisan que México necesita invertir, en los próximos 20 años, 146 mil millones de pesos en la rehabilitación, renovación y ampliación de la infraestructura de los dos mil 485 sistemas de agua potable en todo el país, que sirven a comunidades mayores a dos mil 500 habitantes. Aproximadamente 93 mil millones de pesos deben destinarse a líneas de conducción y distribución de agua para mantener la calidad del servicio actual, cuya confiabilidad de suministro es menor a 50 por ciento.

El análisis del deterioro de la infraestructura es un tema poco explorado en el país, debido a que la principal tarea en el siglo pasado fue la expansión de los servicios, lo cual generó severos problemas por pérdidas físicas, comerciales y de cobranza en los sistemas

de distribución. A pesar de iniciarse programas de reducción de agua en los últimos años, los avances son limitados, ya que se está atacando el efecto y no las causas. La ocurrencia de fugas en tomas domiciliarias y tubería es alta, y las pérdidas físicas por este concepto son del orden de 30 por ciento, y las pérdidas comerciales de diez a 12 por ciento.

PÉRDIDAS DE AGUA POTABLE

Una forma efectiva de conservar el recurso y ahorrar dinero es mediante la reducción de pérdidas de agua potable a través de la reparación de fugas en conducciones, tanques de almacenamiento, redes de distribución, conexiones domiciliarias, en casas habitación y en el cuadro del medidor.

Existen dos tipos de fugas: las visibles y las no visibles (ilustración 1). Las primeras son aquellas que se presentan en los derrames de tanques, o las que emergen hacia la superficie del terreno, aunque estén localizadas a una distancia considerable del punto donde fueron descubiertas, como en zonas de una gran pen-

* Investigadores del IMTA

diente. Las segundas se infiltran en el suelo o drenan hacia las tuberías del alcantarillado o canales. El IMTA ha determinado que, en nuestro país, entre 80 y 90 por ciento de las fugas ocurren en las conexiones domiciliarias y se deben, principalmente, a uno o varios de los factores siguientes: mala calidad de los materiales utilizados, problemas de construcción e incumplimiento de la normatividad.

Muchas fugas son pequeñas, pero tienden a crecer con el tiempo. Para efectos de evaluación económica en México, las fugas potenciales tienen períodos de existencia de un año en zonas de la ciudad relativamente nuevas; de dos a cinco en áreas seminuevas, y de diez años en zonas más antiguas. Para realizar estos cálculos se debe tomar en cuenta el agua no contabilizada, que es aquella que se utiliza en algún punto del sistema, y que el organismo operador no puede cuantificar con exactitud por errores de medición, de facturación y de usos no autorizados.

PROBLEMAS PARA REDUCIR PÉRDIDAS

Se presentan, principalmente, por el desconocimiento de técnicas aplicables a la solución del problema; a la falta de financiamiento para llevar a cabo los trabajos correspondientes; a la ausencia de programas sistemáticos de reducción de pérdidas de agua; a los errores en la estimación de la existencia real de las pérdidas de agua, y al escaso adiestramiento y capacitación del personal encargado. Es común que los operadores de los sistemas realicen prácticas de localización y reparación de fugas, calibración de medidores, identificación de usos no autorizados, lo cual ha propiciado, bajo circunstan-

cias precipitadas, la adquisición de equipos o la realización de actividades que conduzcan a eficiencias reducidas y a altos costos.

La reducción de pérdidas no es inmediata, sino que parte de un proceso que arroja resultados en un determinado lapso; al inicio puede ser fácil recuperar altos porcentajes de pérdidas a un costo relativamente bajo pero, después de un cierto nivel, la relación de costo aumenta considerablemente, debido a que se vuelve más difícil localizar las pérdidas o detectar las fallas en su control; existe siempre un nivel mínimo aceptable que físicamente se puede alcanzar, debido a que la ocurrencia de pérdidas es un proceso dinámico dependiente de parámetros no controlables. Como se observa en la ilustración 2, una recuperación de 50 a 30 por ciento tiene un costo inferior a recuperar de 30 a 20 por ciento, y más allá del valor límite de 15 por ciento, los costos de cada uno por ciento recuperado se incrementan notablemente. Entonces, el reparar o rehabilitar los daños que ocasionan las fugas, o corregir errores contables, puede ser conveniente y rentable hasta cierto nivel de pérdidas, siempre y cuando la relación beneficio costo de la reducción sea mayor que uno. En México, indica el IMTA, es aceptable 20 por ciento de fugas y el valor límite se considera de 15 por ciento, respecto al volumen total suministrado.

Como referencia tenemos que el precio de venta del agua en Francia sitúa el valor del rendimiento óptimo de sus redes de distribución en 80 por ciento. Evidentemente no sólo el precio de venta del agua de la red influye en el valor óptimo del rendimiento; también lo hacen, de manera significativa, las características

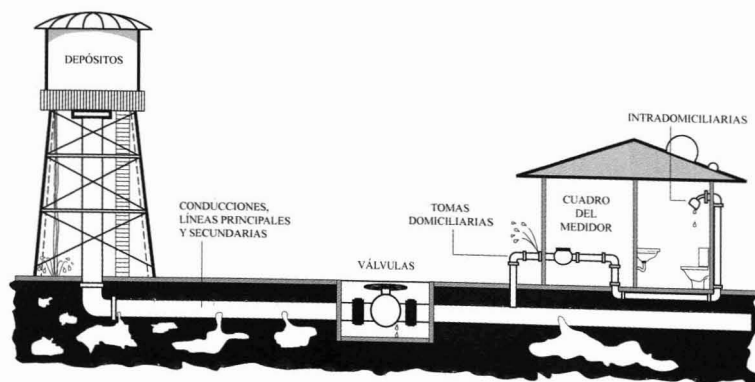


Ilustración 1. Representación gráfica de fugas de agua potable

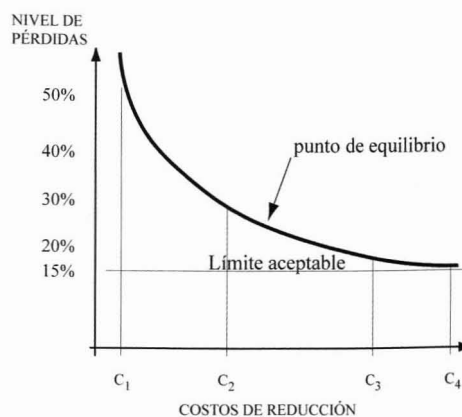


Ilustración 2. Curva de costo contra nivel de reducción de pérdidas

Cuadro 1. Resultados de la evaluación de pérdidas en ciudades de México

Ciudad	Caudal promedio suministrado	Tomas con fuga	Pérdidas por fugas en tomas	Pérdidas por fugas en tuberías	Pérdidas por submedición	Pérdidas totales en el sistema	Presión media de tomas	Profundidad media de fuga en tomas	Caudal unitario
	l/s	%	l/s %	l/s %	l/s %	%	kg/cm ²	cm	ml/s/unit
Cancún	940	38	114 121	148.7 15.8	2.4 .3	28	0.52	32	20.3
Coatzacoalcos	730	19	262 35.8	36.03 4.9	0 0	40.7	2.02	41	47.9
Chihuahua	3489	5	552 15.8	8.96 25.7	0 0	41.5	1.80	64	90.3
Durango	2128	21	649 30.5	176.4 8.3	0 0	38.8	0.97	72	36.3
Guaymas	488	30	114 23.4	8.6 1.8	5.2 1.1	26.2	1.15	34	29.5
Cd. Juárez	4147	19	1241 29.9	239.7 5.8	0 0	35.7	2.63	60	34.8
Los Cabos	268	34	61 22.6	29.5 11	7.9 3	36.6	1.97	28	29.4
Oaxaca	721	24	445 61.8	8.2 1.1	0 0	62.9	1.98	50	46.5
Querétaro	1783	14	242 13.5	50 2.8	242.7 13.6	30	1.22	58	21.8
Tapachula	743	7	50.3 6.8	106.2 14.3	13.8 1.8	22.9	0.50	50	68.3
Tuxtla Gtz.	1162	24	212 18.3	93.29 8	38.9 3.3	29.7	0.80	35	70.1
Veracruz	2869	16	644 22.4	445.2 15.5	0 0	37.9	0.97	35	46.8
Xalapa	1215	9	465 38.3	7.8 0.6	0 0	38.9	4	32	96.8
Zacatecas	485	14	134 27.7	14.8 3.1	0 0	30.7	2.14	30	29.1
Promedio pesado (por ciento)		16.8	24.5		1.3	36.4	1.59	44	45.6

de la red de distribución. Con lo anterior se demuestra que los sistemas que no tienen un precio del agua que cubra los costos de mantenimiento, rehabilitación y/o renovación de la red, acaban teniendo unos sistemas de distribución de agua ineficientes y completamente obsoletos. En México, el precio medio de venta del agua es bajo, lo cual incide directamente en eficiencias bajas, ya que eventualmente es más costoso reparar y reducir las pérdidas que dejar que se tire el agua. Existen experiencias recientes en ciudades como Querétaro, Querétaro, donde fue factible alcanzar eficiencias físicas del orden de 85 por ciento, con beneficios económicos importantes, debido a que su tarifa se encuentra por arriba de la media nacional.

¿QUÉ ES LA REDUCCIÓN INTEGRAL DE PÉRDIDAS DE AGUA?

Conforme a la metodología desarrollada en el IMTA, la reducción integral es un proceso dinámico en tiempo y espacio que inicia con un diagnóstico, involucra la eliminación y su control, y que, aplicado en forma precisa a la operación y mantenimiento de sistemas de

agua potable, ayuda a conservar el agua suministrada a las ciudades, a mejorar la calidad del servicio proporcionado a la población, a ahorrar dinero en gastos de energía eléctrica y de potabilización, y a aumentar los ingresos por la venta del agua. Una manera de enmarcar las actividades correspondientes a la reducción integral de pérdidas de agua es dividiéndolas en cuatro bloques:

- Diagnóstico. Se evalúan los volúmenes de agua que se pierden y sus principales patrones de ocurrencia, y se identifican las causas que las producen, a través del análisis de estadísticas y muestreos de campo; la utilización de las técnicas de detección de fugas son necesarias para obtener el diagnóstico. Además, se realizan análisis técnico-económicos de la reducción de pérdidas y su factibilidad.
- Sectorización de la red para facilitar la reducción. Se evalúa y optimiza el funcionamiento hidráulico de la red de distribución, integrando en su diseño y operación distritos hidrométricos y sectores.
- Eliminación. Se definen los procedimientos, dise-

ños, equipos y modelos de decisión, para facilitar la búsqueda de pérdidas y subsanar el daño existente. d) Control. Se plantean las acciones, ya sean directas, indirectas o de apoyo, que permitan establecer una estructura adecuada dentro de una empresa de agua, para apoyar y dar sustentabilidad a la reducción de pérdidas de forma ordenada y con actividades objetivas.

La ejecución de la reducción integral de pérdidas debe realizarse bajo una buena supervisión, con el objeto de asegurar que las acciones que se deriven de ella estén bien fundamentadas, con datos reales y con un análisis preciso.

DIAGNÓSTICO DE PÉRDIDAS, BASE DE LA REDUCCIÓN INTEGRAL

Al realizar un balance de agua en un sistema de distribución, lo que se espera encontrar es una relación del tipo que se muestra a continuación:

$$\text{suministro} = \text{consumo medido de usuarios} + \text{consumo estimado} + \text{pérdidas de agua}$$

Y a su vez, las pérdidas de agua pueden dividirse en:

$$\text{pérdidas de agua} = \{\text{fugas en tuberías principales y secundarias} + \text{fugas en conexiones domiciliarias} + \text{conexiones no-autorizadas} + \text{errores de submedición domiciliaria} + \text{errores de facturación}\}$$

El diagnóstico implica la descripción técnica, clara y concisa del estado de pérdidas de agua; es decir, de los efectos observados por las pérdidas de agua, en relación con sus volúmenes, porcentajes, reducción potencial y problemas que las originan. Se basa en estudios de muestreo y estadísticos sobre el estado físico que guarda la red de distribución.

El diagnóstico tiene varios niveles de aproximación dependiendo del método utilizado. Así, por un lado, una evaluación por medición, muestreo y encuesta será más confiable que una estimación basada en registros históricos; pero, por otro lado, resultará más costosa la primera. En el mejor de los casos siempre se buscará obtener los resultados más confiables; es decir, se debe tender a la evaluación con medición (ilustración 3).

En la metodología desarrollada en el IMTA se establece el concepto de distritos hidrométricos, DH, que son sectores que pueden aislarse hidráulicamente de la red de distribución, con movimientos de válvulas y que pueden utilizarse para precisar el diagnóstico, detectar fugas, facilitar la eliminación y optimizar el control de pérdidas de agua de una localidad. En el diagnóstico, los DH proporcionan información sobre los volúmenes de fugas que se tienen en líneas principales y secundarias, consumos unitarios de usuarios y usos no autorizados. En la detección de fugas, son utilizados para definir sectores con mayor incidencia de pérdidas de agua a través de indicadores nocturnos.

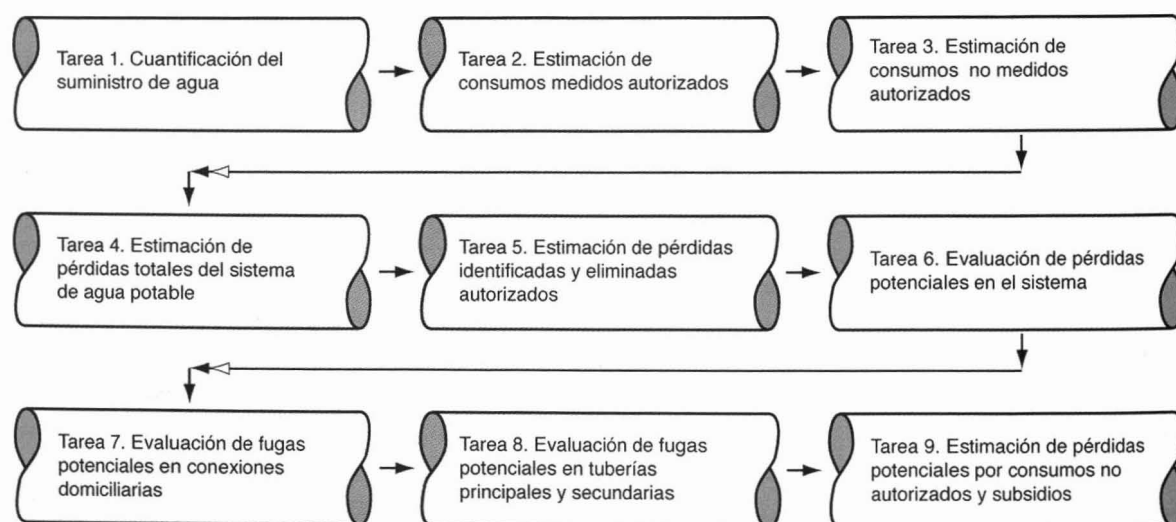


Ilustración 3. Esquema de diagnóstico

Durante la eliminación de pérdidas, evitan que el agua de fugas reparadas en un DH ingrese a otros sectores en donde no se ha llevado a cabo el programa de reducción. Y en el control de pérdidas hacen más eficiente el establecimiento de los subproyectos básicos.

ELIMINACIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA

La eliminación de pérdidas de agua se define como cualquier acción que se realiza directamente al sistema de agua potable, con el fin de rescatar agua tanto física como contablemente. Particularmente, se establece en dos sentidos:

- a) Eliminación física: se presentan dos posibilidades: la primera, que consiste en detectar, localizar y reparar fugas que aparecen puntualizadas en las tuberías, accesorios o tomas domiciliarias de la red. La segunda considera la acción de limpiar, reparar o sustituir todo un tramo de una tubería de la red.
- b) Eliminación contable: Se refiere a la corrección de errores de medición, localización de conexiones no autorizadas y ajuste de errores de facturación.

La eliminación es una actividad continua que se debe ejecutar durante toda la vida útil del sistema de agua potable, pero en ocasiones será necesario aplicarla de manera intensa, como parte de una acción de corto plazo, cuando los niveles de pérdidas han alcanzado valores no deseables que están fuera de control.

POR QUÉ EL PROGRAMA DE CONTROL DE PÉRDIDAS

Todo proyecto de reducción de agua perdida debe incluir elementos que permitan mantener el nivel de agua facturada alcanzado durante la eliminación de pérdidas de agua.

En el programa de control desarrollado por el IMTA se diseñan e implantan estos elementos, mediante una serie de acciones a corto y largo plazos enmarcadas en los subproyectos básicos del cuadro 2. Éstos serán jerarquizados, detallados en actividades específicas, calendarizados con sus costos y financiamientos respectivos, para que conforme se implanten, se reduzca la posibilidad de retornar a niveles más altos de pérdidas de agua.

BENEFICIOS DE LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS

La ejecución de un programa integral de reducción de pérdidas de agua potable conduce a la obtención de beneficios tales como:

- a) Reducción de riesgos en la toma de decisiones al comprar equipos o herramientas de detección, localización y reparación de fugas.
- b) Mejoramiento financiero, al programar inversiones y medir los beneficios obtenidos.
- c) Cuantificación de las pérdidas de agua en tomas domiciliarias, tuberías principales, errores de medición, conexiones no autorizadas y fallas en la facturación y determinación del origen de dichas pérdidas. Las formas de estimar los beneficios económicos

CUADRO 2.
Subproyectos básicos del programa de control de pérdidas de agua

Proyectos de operación del servicio	Proyectos de control de usuarios de usuarios	Proyectos de apoyo logístico
Catastro de la red de distribución	Padrón de usuarios	Desarrollo de recursos humanos
Catastro de instalaciones	Micromedición	Control de suministros
Hidrometría	y consumos	Comunicación social
Macromedición		
Control de la operación del sistema		
Estadísticas de fugas		

al ejecutar el proyecto integral de reducción de pérdidas de agua son:

- a) Considerar el valor del agua que se pierde incluyendo el pago de derechos y los costos de energía eléctrica y reactivos químicos.
- b) Incluir, además, reparaciones, mantenimiento, salarios y supervisión de bombeo, tratamiento, conducción y distribución; es decir, los costos de producción.
- c) Dividir los costos de operación del organismo operador entre el volumen del agua producido, que para los efectos de este documento se les llama costos de operación.

La transferencia de esta metodología, hacia los organismos operadores, se ha llevado a cabo con la asesoría y participación directa del IMTA, su difusión a través de publicaciones (libros, manuales, revistas, memorias de congresos, etc.) y la realización de cursos de capacitación en el ámbito nacional e internacional. Como resultado de este esfuerzo se cuenta con una serie de experiencias exitosas en diversas zonas urbanas, entre las que destacan México, D. F.; Chetumal, Quintana Roo; Querétaro, Querétaro; Reynosa, Tamaulipas; Cuernavaca, Morelos; Guadalajara, Jalisco; León, Guanajuato; Manzanillo, Colima, y Morelia, Michoacán. Por ejemplo, en el caso de Reynosa, al aplicar la metodología en el sector Granjas en 1998, que cubre a 40 mil habitantes, se logró la recuperación de cinco mil 184 m³/día, lo que representó un beneficio económico de 3.85 millones de pesos al año, como resultado de los ahorros en los procesos de producción y distribución, y de los beneficios adicionales por la venta del agua recuperada.

CONCLUSIONES

Mejorar la calidad de los servicios públicos de agua potable en el país debe ser una prioridad para la nación. Los costos de producción de agua son muy importantes y deben ser un compromiso de la sociedad cuidar el recurso agua y los recursos invertidos en su producción. Actualmente se desperdician 35 de cada cien litros de agua que se producen, pero además los usuarios sólo pagan 30 de cada cien litros que se consumen. De continuar así, los organismos responsables del servicio no tienen viabilidad a largo plazo; las inversiones que se requieren para mantener y mejorar el

servicio son tan altas que sólo con el compromiso de los responsables y los usuarios podrán vencerse los obstáculos actuales para la mejora de los servicios.

El objetivo fundamental de los trabajos es reducir pérdidas de agua por sectores de la red de distribución, a través de la rehabilitación de tomas domiciliarias y tuberías, así como el ajuste de errores de micromedición o subestimación de consumos con cuota fija, y localización de usos no autorizados. La reducción de pérdidas de agua es una acción que surge de la necesidad de los sistemas de agua potable, para implantar un proceso de modernización en el uso eficiente del agua y control de la operación del sistema hidráulico de agua potable y disminuir el nivel de pérdidas por fugas y agua no contabilizada. Este proceso se ejecuta por sectores, lo cual permite el escalamiento en la reparación de fugas en tuberías, modulando las inversiones en el tiempo, y contando con un balance de agua controlado, puesto que la estimación de volúmenes de pérdidas reducidas se define con mayor exactitud.

Los beneficios tienen un impacto inmediato, dado que se logran ahorros en energía eléctrica y de potabilización inmediatamente después de la inversión. Y mejoran la imagen social, ya que los usuarios reconocen pronto los esfuerzos del organismo operador y ven justo el pago por el servicio de agua. ☉

BIBLIOGRAFÍA

- BOURGUETT, V., L. Ochoa y S. Rodríguez y Navarro, "Transferencia de la metodología del programa de control de fugas", Anexo I, *Informe final*, IMTA, diciembre de 1996.
- MAYS, L., "Water distribution system", *American Society of Civil Engineering* (Nueva York), 1989.
- CABRERA, E. y A. Vela, "Mejora del rendimiento y de la fiabilidad en sistemas de distribución de agua", Valencia, España, noviembre de 1994.
- ENRÍQUEZ, S., A. Vázquez y L. Ochoa, *Control de fugas en sistemas de distribución*, CNA, México, 1994.
- OCHOA, L. y V. Bourguett, *Reducción integral de pérdidas*, 2ª ed., Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, México, 2002.
- ARREGUÍN, F. y L. Ochoa, "Evaluation of water losses in distribution networks", *Journal of Water Resources Planning and Management*, septiembre-octubre de 1997.
- Comisión Nacional del Agua, *Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento 2000*, CNA, México, 2001.



Foto: Ricardo María Garibay

Cien años

Anales del Museo Nacional de México (1877-1977)
Boletín Oficial del INAH (1903-2003)

HISTORIA

- *Anales del Museo Nacional de México: un siglo de sabiduría*
Eduardo Matos Moctezuma
- *Anales y Fastos*
Fernando Cámara Barbachano
- *Los Anales del Museo Nacional de México: un filón para la historia moderna de la historia*
Guillermo Zermeño

- *Agenda de la memoria: cien años de publicaciones científicas. Anales del Museo Nacional, 1877-1977*
Sergio Raúl Arroyo García

ANTROPOLOGÍA

- *La Cañada Oaxaca / Puebla, una región azucarera del siglo XVII al pie de la Sierra Madre Oriental*
J. Arturo Motta Sánchez
Ana Ma. L. Velasco L.
- *Mestizajes, exclusiones y alianzas étnicas en las pampas y el Chaco rioplatenses*
Carlos Tur Donatti

ARQUEOLOGÍA

- *El culto al Señor del Monte en las inmediaciones de la Malinche*
Sergio Suárez Cruz
- *Influencias olmecas y teotihuacanas en el oriente de la península de Yucatán*
Fernando Cortés de Brásdefer

CONSERVACIÓN

- *Análisis y técnica de manufactura del Códice Azoyú 2*
Alejandro Huerta Carrillo
Eugenia Berthier Villaseñor
- *Estudio anatómico de la madera en cuatro soportes de pintura colonial sobre tabla*
Pablo Torres Soria

ARQUEOLOGÍA

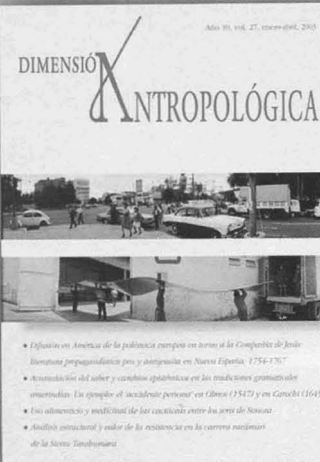
- ♦ *Sonora precerámica: del Arcaico y del surgimiento de aldeas agrícolas*
- ♦ *El pasado del pasado. Artefacto prehistórico en una tumba de El Opeño, Michoacán*
- ♦ *Salvamento arqueológico en dos carreteras de Michoacán*
- ♦ *Comercio durante el Posclásico de la cerámica decorada: Malinalco, Toluca, Guerrero y Morelos*
- ♦ *Cerro de los Magueyes: un centro funerario para matlatzincas y mexicas durante el Posclásico tardío*
- ♦ *Entierro en decúbito ventral flexionado en Balcón de Montezuma, Victoria, Tamaulipas*
- ♦ *Algunas consideraciones sobre la cerámica Huasteca Negro sobre Blanco*
- ♦ *Cartografía antigua y sitios arqueológicos en la región de Reyes Metzontla, sureste de Puebla*

ARQUEOLOGÍA

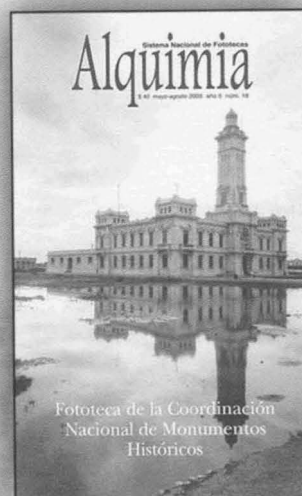


- ♦ *Sonora precerámica: del Arcaico y del surgimiento de aldeas agrícolas*
- ♦ *El pasado del pasado. Artefacto prehistórico en una tumba de El Opeño, Michoacán*
- ♦ *Salvamento arqueológico en dos carreteras de Michoacán*
- ♦ *Comercio durante el Posclásico de la cerámica decorada: Malinalco, Toluca, Guerrero y Morelos*
- ♦ *Cerro de los Magueyes: un centro funerario para matlatzincas y mexicas durante el Posclásico tardío*
- ♦ *Entierro en decúbito ventral flexionado en Balcón de Montezuma, Victoria, Tamaulipas*
- ♦ *Algunas consideraciones sobre la cerámica Huasteca Negro sobre Blanco*
- ♦ *Cartografía antigua y sitios arqueológicos en la región de Reyes Metzontla, sureste de Puebla*

PUBLICACIONES PERIÓDICAS DEL INAH



- *Epistémica en América de la polémica europea en torno a la Compañía de Jesús: literatura propagandística pro y antijesuita en Nueva España, 1754-1767*
- *Acumulación del saber y cambios epistémicos en las tradiciones gramaticales amerindias. Un ejemplo: el 'accidente persona' en Olmos (1547) y en Carochi (1645)*
- *Uso alimenticio y medicinal de las cactáceas entre los seris de Sonora*
- *Análisis estructural y valor de la resistencia en la carrera rarámuri de la Sierra Tarabumara*



- *La emotividad del documento* • Georgina Rodríguez Hernández
- *Variaciones del Edén* • Hugo Arciniega
- *La ciudad en el paisaje y el monumento en la fotografía: apuntes sobre una compleja relación* • Irving Domínguez
- *Fotografía y habitación vernácula* • Deborah Dorotinsky Alperstein
- *La génesis de un proyecto de conservación de monumentos* • Martha R. Miranda
- *En la región de las nubes* • Alejandrina Escudero

CONACULTA • INAH

De venta en: **Librería Francisco Javier Clavijero** Córdoba 43, col. Roma, tel.: 5514 0420 **Librería del Aeropuerto Internacional Benito Juárez** Sala A, local 11, llegadas nacionales, tel.: 5571 0267 **Librería del Museo Nacional de Historia** Castillo del Bosque de Chapultepec, col. Polanco **Librería del Museo Nacional de Antropología** Paseo de la Reforma y Gandhi, col. Polanco, tel.: 5553 3834 / 5211 0754 **Tienda del Templo Mayor** Guatemala 60, col. Centro Histórico, tel.: 5542 4785 **Librerías de prestigio**

AHORA LOS MÓDULOS DEL IFE...

**Están
más cerca
de ti**

Actualiza
la dirección
de tu credencial,
en cualquier
módulo de tu
entidad.

Y recuerda
que debes
recogerla donde
realizaste tu
trámite.

**Tu Credencial para Votar
es la llave de la democracia.**



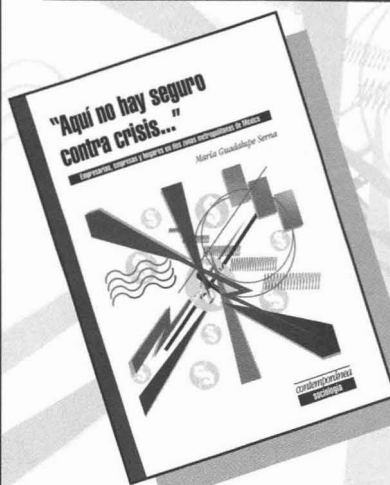
**Llama gratis
a IFETEL**

01 800 4 GHI 3 DEF 3 DEF 2000

www.ife.org.mx



**Centro de Investigaciones y Estudios
Superiores en Antropología Social**



**"Aquí no hay seguro
contra crisis..."**
Empresarias, empresas
y hogares en dos zonas
metropolitanas de México

María Guadalupe Serna

**Librería
Guillermo Bonfil Batalla**
Hidalgo y Matamoras s/n, Tlalpan
C.P. 14000, México, D.F.
56 55 01 58
ventas@juarez.ciesas.edu.mx



Presenta la publicación de la obra:

**EL SÍNDROME DE ANTIFOSFOLÍPIDOS
Y DE LOS ANTICUERPOS QUE LO CAUSAN**

Donato Alarcón Segovia

Luis González Obregón núm. 23, Centro Histórico. Tel. 57 89 43 30

Fax. 57 02 17 79

www.colegionacional.org.mx

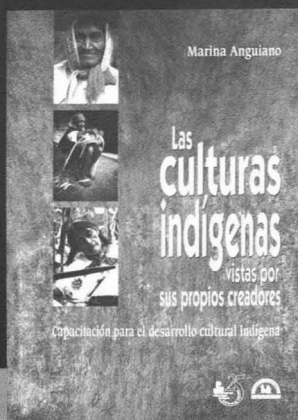
e-mail: colnal@mail.internet.com.mx

Donato Alarcón Segovia

**LA HISTORIA DEL SÍNDROME
DE ANTIFOSFOLÍPIDOS
Y DE LOS AUTOANTICUERPOS
QUE LO CAUSAN**



EL COLEGIO NACIONAL



Grupo Editorial
Miguel Ángel Porrúa



XXV Feria Internacional del Libro del Palacio de Minería

Tacuba núm. 5, Centro Histórico, Ciudad de México
19 al 29 de febrero/2004

Estado invitado: Puebla

Jornadas Juveniles - 23, 24 y 25 de febrero

Universidad Nacional Autónoma de México/Facultad de Ingeniería



<http://feria.mineria.unam.mx>



MÉXICO INDÍGENA

Nueva Época



En nuestro primer aniversario seguimos siendo un espacio editorial para promover, mediante el análisis y la reflexión, el reconocimiento a la diversidad e identidad de los pueblos indígenas

Librería

Av. Revolución 1279, Col. Tlacoapac
Deleg. Álvaro Obregón
C.P. 01010, México, D.F.
mexicoindigena@ini.gob.mx

Distribución Internacional

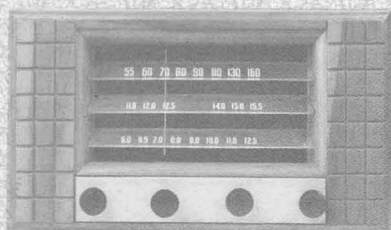
Books from Mexico

USA Tel.: 1-877-606-2005
México Tel.: +5255 5655 2937
e-mail: liefbfm@laneta.apc.org

Bordado totonaco



La revista Universidad de México
en la Radio



DESLINDE

El segundo miércoles de cada mes

19 a 20 horas

860 AM

Conduce CARLOS GARZA FALLA

UNIVERSIDAD DE MÉXICO

NUEVA EPOCA REVISTA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

EN EL MARGEN DE LAS DROGAS

GUSTAVO DE GREIFF RESTREPO
THOMAS FISCHER
ÉLMER MENDOZA
SCOTT S. ROBINSON
JACINTO BARRERA
JAVIER PERUCHO

POEMAS DE:
CERÓN
DEL PALACIO
SERRANO
CASAR
LANDA

DICIEMBRE 2003 - ENERO 2004



NOVIEMBRE

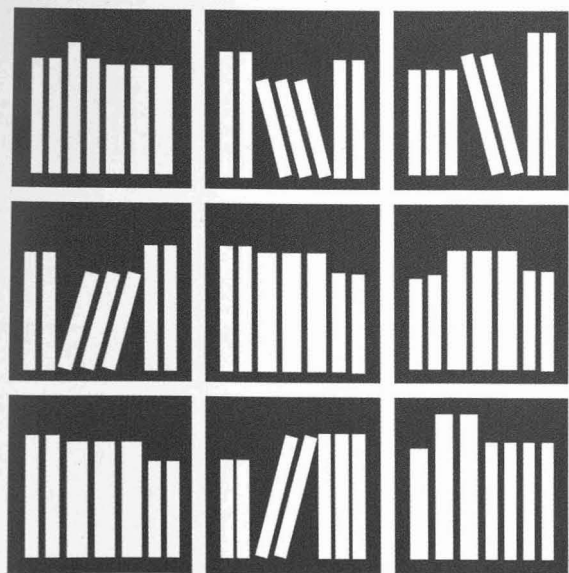
FOROS: LA REBELIÓN DELAHUERTISTA
• **EL LIBERALISMO AYER Y HOY**

Sala de Lectura de la Biblioteca de la Revolución Mexicana, Plaza del Carmen 27, San Ángel.
Tels: 5616-3808 y 09 ext. 226 y 29. www.gobernacion.gob.mx



SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN

Poniendo a México al día y a la vanguardia



Librería Mora
Humanidades
Ciencias Sociales

En nuestra nueva Librería
ESPECIALIZADA EN
HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES

encontrará todas las publicaciones de instituciones
mexicanas especializadas.

Si no tenemos el libro que usted busca,
nosotros lo encontramos.
Además, le encantará, es un espacio único

CONÓZCANOS

Plaza Valentín Gómez Farías 12, atrás del Parque Hundido, sobre Augusto Rodín,
Col. San Juan Mixcoac Tel. 5598 3777 ext. 1129

www.mora.edu.mx



COORDINACIÓN
DE HUMANIDADES



9 770185 133008

\$45.00

ISSN 0185-1330